



TUGAS AKHIR - RC14-1501

**MODIFIKASI GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
PT. PELINDO II MENGGUNAKAN STRUKTUR  
BAJA *CASTELLATED BEAM* DAN  
KOLOM *CONCRETE FILLED STEEL TUBE***

ZULAIKHA PUSPITA ARUM  
NRP 3113 106 001

Dosen Pembimbing  
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



FINAL PROJECT- RC14-1501

# PLANNING MODIFICATION OF OFFICE BUILDING AND PARKING PT PELINDO II BY USING STRUCTURE CASTELLATED STEEL BEAM AND CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN

ZULAIKHA PUSPITA ARUM  
NRP 3113 106 001

Major Supervisor  
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2016

**MODIFIKASI GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
PT. PELINDO II MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
CASTELLATED BEAM DAN  
KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi Struktur  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh :  
**Zulaikha Puspita Arum**  
NRP. 3113 106 001

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

**Pembimbing :**

**Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.**

**NIP. 197301281998021002**



**SURABAYA  
JANUARI 2016**

# **MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG PARKIR DAN KANTOR PT. PELINDO II MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA CASTELLATED BEAM DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE**

**Nama Mahasiswa : Zulaikha Puspita Arum**  
**NRP : 3113 106 001**  
**Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS**  
**Dosen Pembimbing : Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D**

## **Abstrak**

*Baja merupakan alternatif bangunan tahan gempa yang sangat baik. Jika dibandingkan dengan struktur beton, baja dinilai memiliki sifat daktilitas yang dapat dimanfaatkan pada saat struktur memikul beban akibat gempa. Pada balok kebanyakan struktur bangunan dengan material baja menggunakan profil baja solid. Profil solid ini sudah digunakan sejak awal perkembangan era struktur baja. Seiring dengan perkembangannya dan mulai ditemukannya castellated beam, penggunaan profil baja mulai lebih beragam. Tetapi dibandingkan dengan profil baja solid, profil castellated bisa menjadi solusi praktis dalam pengerjaan konstruksi, karena karakteristiknya yang cukup menguntungkan. Untuk struktur kolom baja kekhawatiran stabilitas lokal dan global mencegah tabung baja telanjang dari mengembangkan kekuatan penuh, kolom komposit awalnya disarankan. Ada berbagai macam jenis kolom komposit dari berbagai penampang, tetapi yang paling umum digunakan dan dipelajari adalah tabung baja berintikan beton. Sebuah beton penuh concrete filled steel tube (CFT) dibentuk dengan mengisi tabung baja dengan beton. Pada perhitungan struktur gedung ini mengacu pada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1726-2012, Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1729-2015, dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung PPIUG 1987. Dan dalam menganalisis strukturnya ditinjau dengan pengaruh beban gempa dinamik dengan menggunakan program bantu SAP 2000.*



*Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil, yaitu: tebal pelat atap, plat lantai dan plat parkir 9 cm, dimensi balok induk parkir CB563.200.9.14, dimensi balok induk kantor CB500.200.8.13, dimensi balok induk atap CB395.175.7.11, dimensi kolom lantai 1-3 HSS800.800.25.25, dimensi kolom lantai 4-6 HSS700.700.22.22, dimensi kolom lantai 7-9 HSS600.600.16.16, tebal plat spsw 3 mm, dan balok spsw menggunakan WF 800x300x16x30. Sambungan struktur utama direncanakan sebagai sambungan kaku dengan baut A-325. Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang beton pracetak dimensi 50x50cm dengan kedalaman 17 m. Sloof ukuran 40 cm x 60 cm dengan tulangan utama tarik 5D16 dan tekan 3D16 dan tulangan geser Ø12-200.*

**Kata Kunci: Gempa, Struktur baja, Castellated Beam, Concrete Filled Steel Tube**

# **PLANNING MODIFICATION OF OFFICE BUILDING AND PARKING PT PELINDO II BY USING STRUCTURE CASTELLATED STEEL BEAM AND CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN**

**Name** : Zulaikha Puspita Arum  
**NRP** : 3113 106 001  
**Major** : Civil Engineering FTSP-ITS  
**Academic Supervisor** : Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

## **Abstract**

*Steel is an alternative to earthquake resistant buildings is excellent. When compared with the structure of concrete , steel is considered to have ductility properties that can be utilized when the structure of the burden caused by the earthquake . At block most material structure with steel using solid steel profiles . This solid profile has been used since the beginning of the era of the development of the steel structure . Along with its development and begin the discovery of castellated beams, steel profiles use began more diverse . But compared to the profile of solid steel , castellated profile could be a practical solution in the construction , because its characteristics are quite favorable.*

*Structural steel columns for local and global stability concerns prevent bare steel tube from developing full power , composite columns originally suggested . There are various types of composite columns of various cross-section , but the most commonly used and studied is cored steel tube concrete . A full concrete concrete filled steel tube ( CFT ) is formed by filling a steel tube with concrete . In the calculation of the structure of this building refers to the Earthquake Resilience Planning Standards To SNI 03-1726-2012 Building Structures , Steel Structures Planning Procedures For SNI 03-1729-2015 Building Structure and Regulation of Indonesian Loading To Building PPIUG 1987. And in analyze its structure is reviewed by the dynamic effect of seismic load by using auxiliary program SAP in 2000 .*

*From the analysis and the calculation of results, namely : a thick slab roof , floor plate and plate 9 cm parking , parking CB563.200.9.14*

*beam dimensions , dimensional beam CB500.200.8.13 office , the dimensions of the roof beam CB395.175.7.11 , column dimensions HSS800.800.25.25 for 1-3 storey , column dimensions HSS700.700.22.22 for 4-6 storey , column dimensions HSS600.600.16.16 for 7-9 storey , spsw plate thickness 3 mm , and beam spsw using WF 800x300x16x30. The main structure is planned as a connection rigid connection with bolts A- 325. Foundation design using precast concrete piles 50x50cm dimensions with a depth of 17 m . Sloof size 40 cm x 60 cm with the main reinforcement pull 5D16 and 3D16 press and shear reinforcement Ø12-200 .*

***Keywords: Earthquake, Steel Structure, Castellated Beam, Concrete Filled Steel Tube***



## KATA PENGANTAR

**Assalamu'alaikum Wr. Wb**

Segala puji kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah serta karunia-Nya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini tepat pada waktunya.

Pada kesempatan ini ijinlah penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar besarnya atas bimbingan dan dorongan tiada henti kepada :

1. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan tiada hentinya kepada penulis.
2. Bapak Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D sebagai dosen pembimbing sekaligus dosen wali yang memberikan banyak masukan dan arahan dalam penyelesaian Tugas Akhir.
3. Bapak Trijoko Wahyu Adi, ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil ITS.
4. Seluruh dosen pengajar jurusan Teknik Sipil ITS yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan bimbingan dan ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis.
5. Seluruh teman – teman ITS khususnya Teknik Sipil LJ ITS.
6. Rekan-rekan sekalian yang tidak dapat disebutkan satu-persatu serta semua pihak yang telah banyak membantu.

Dengan segenap kerendahan hati, penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Sehingga, besar harapan adanya koreksi maupun masukan dari semua pihak untuk kesempurnaan tugas akhir ini.

Penulis berdoa semoga apa yang telah dikerjakan dalam tugas akhir ini dapat bermanfaat dikemudian hari bagi siapapun yang membacanya.

Surabaya, Januari 2016

Penulis





## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Perencanaan .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	5
1.5 Manfaat Perencanaan .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Umum .....	7
2.2 Profil Baja <i>Castellated Beam</i> .....	7
2.2.1 Pengertian Profil Baja <i>Castellated Beam</i> .....	7
2.2.2 Tipe-Tipe Pemotongan Profil Baja <i>Castellated Beam</i> .....	8

2.2.3	Kelebihan dan Kekurangan Profil Baja <i>Castellated Beam</i> .....	10
2.2.4	Kegagalan Pada Profil <i>Castellated Beam</i> .....	11
2.3	Kolom <i>Concrete Filled Steel Tube</i> .....	13
2.3.1	Pengertian Kolom <i>Concrete Filled Steel Tube</i> ..	13
2.3.2	Tipe Kolom <i>Concrete Filled Steel Tube</i> .....	13
2.3.3	Kelebihan Kolom <i>Concrete Filled Steel Tube</i> ...	14
2.4	Dinding Geser Pelat Baja ( <i>Steel Plate Shear Wall</i> ).....	15
2.4.1	Pengertian Dinding Geser.....	15
2.4.2	Tipe Dinding Geser <i>Steel Plate Shear Wall</i> .....	16
2.4.3	Fungsi Dinding Geser <i>Steel Plate Shear Wall</i> ...	16
2.4.4	Keuntungan dan Kekurangan <i>Steel Plate Shear Wall</i> .....	17
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI .....</b>	<b>19</b>
3.1	Diagram Alur Perencanaan.....	19
3.2	Uraian Metodologi Peencanaan .....	20
3.2.1	Pengumpulan Data.....	20
3.2.2	Studi Literatur.....	21
3.2.3	Preliminary Design .....	22
3.2.4	Analisa Pembebanan.....	22
3.2.5	Perencanaan Gempa.....	24
3.3	Analisa Struktur.....	26

3.4	Desain dan Kontrol .....	26
-----	--------------------------	----

3.4.1	<i>Castellated Beam</i> .....	26
-------	-------------------------------	----

3.4.2	<i>Kolom Concrete Filled Steel Tube</i> .....	28
-------	---	----

3.5	Perencanaan Sambungan .....	31
-----	-----------------------------	----

3.6	Perencanaan Pondasi .....	32
-----	---------------------------	----

3.7	Gambar Teknis .....	35
-----	---------------------	----

#### **BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER.... 37**

4.1	Perencanaan Pelat Lantai .....	37
-----	--------------------------------	----

4.1.1	Perencanaan Pelat Lantai Atap .....	37
-------	-------------------------------------	----

4.1.2	Perencanaan Pelat Lantai Perkantoran .....	40
-------	--	----

4.1.3	Perencanaan Pelat Lantai Parkir .....	42
-------	---------------------------------------	----

4.2	Perencanaan Balok Anak .....	45
-----	------------------------------	----

4.2.1	Balok Anak Lantai Atap .....	45
-------	------------------------------	----

4.2.2	Balok Anak Lantai Kantor .....	53
-------	--------------------------------	----

4.2.3	Balok Anak Lantai Parkir .....	60
-------	--------------------------------	----

4.2.4	Perencanaan Balok <i>Lift</i> .....	67
-------	-------------------------------------	----

4.3	Perencanaan Tangga dan Bordes .....	74
-----	-------------------------------------	----

4.3.1	Perencanaan Tangga .....	74
-------	--------------------------	----

4.3.2	Perencanaan Bordes .....	81
-------	--------------------------	----

4.3.3	Perencanaan Balok Utama Tangga .....	85
-------	--------------------------------------	----

4.3.4	Balok Penumpu Tangga .....	94
-------	----------------------------	----

#### **BAB V PEMODELAN STRUKTUR..... 101**



5.1	Pemodelan Struktur .....	101
5.2	Pembebanan Struktur Utama .....	102
5.2.1	Berat Total Bangunan.....	104
5.2.2	Kombinasi Pembebanan .....	105
5.3	Pembebanan Gempa Dinamis .....	106
5.3.1	Klasifikasi Tanah.....	106
5.3.2	Lantai Tingkat Sebagai Diafragma .....	107
5.3.3	Arah Pembebanan .....	108
5.3.4	Parameter Respon Spektrum Rencana .....	108
5.4	Kontrol Desain .....	112
5.4.1	Kontrol Partisipasi Massa.....	112
5.4.2	Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental .....	113
5.4.3	Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum .....	115
5.4.4	Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai ( <i>Drift</i> )..	118
<b>BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER.....</b>		<b>121</b>
6.1	Analisis Struktur .....	121
6.2	Perencanaan Struktur Balok.....	121
6.3	Perencanaan Struktur Kolom .....	128
6.4	Perencanaan <i>Steel Plate Shear Wall</i> .....	133
6.4.1	Desain Dinding Geser Plat Baja .....	133
6.4.2	Kontrol Desain Balok ( <i>HBE</i> ).....	134
6.4.3	Kontrol Desain Kolom ( <i>VBE</i> ).....	141

## **BAB VII PERENCANAAN SAMBUNGAN ..... 147**

7.1	Perencanaan Sambungan .....	147
7.1.1	Sambungan balok anak dengan balok induk .....	147
7.1.2	Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga.....	150
7.1.3	Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom .....	153
7.1.4	Sambungan kolom dengan kolom .....	155
7.1.5	Sambungan dinding geser ( <i>SPSW</i> ) .....	157
7.1.6	Sambungan balok ( <i>HBE</i> ) dengan kolom ( <i>VBE</i> ) pada dinding geser plat baja ( <i>SPSW</i> ) .....	158
7.1.7	Sambungan balok dengan kolom .....	164
7.1.8	Sambungan kolom dengan <i>base plate</i> .....	169
7.1.9	Sambungan dinding geser ( <i>SPSW</i> ) dengan sloof .....	177

## **BAB VIII PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH ..... 179**

8.1	Desain Tiang Pancang .....	179
8.2	Desain Tiang Pancang Kolom .....	179
8.2.1	Data Perencanaan .....	179
8.2.2	Beban Pada Tiang Pancang .....	180
8.2.3	Daya Dukung Ijin Satu Tiang.....	180
8.2.4	Tiang Pancang Kelompok.....	182
8.3	Kontrol Tebal Poer Kolom .....	184

8.3.1	Desain Penulangan Poer Kolom.....	186
-------	-----------------------------------	-----

8.4	Perencanaan Kolom Pedestal.....	188
-----	---------------------------------	-----

8.5	Perencanaan Sloof Pondasi.....	191
-----	--------------------------------	-----

<b>BAB IX</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>191</b>
---------------	----------------------	------------

8.1	Kesimpulan.....	195
-----	-----------------	-----

8.2	Saran.....	196
-----	------------	-----

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Profil Baja <i>Castellated Beam</i> .....	8
Gambar 2.2	<i>Beam Ends Left Ragged</i> .....	9
Gambar 2.3	<i>Beam Ends Left Ragged</i> $U>T$ .....	9
Gambar 2.4	<i>Beam Ends Left Ragged</i> $U= T$ .....	9
Gambar 2.5	<i>Beam End Finished With Infill Plates</i> , $U>T$ ..	10
Gambar 2.6	Mekanisme <i>Vierendeel</i> .....	12
Gambar 2.7	Tekuk Lateral – Torsi Dari Satu atau Beberapa Posting Web .....	12
Gambar 2.8	Pecahnya dari Sambungan Las di Posting Web .....	12
Gambar 2.9	Tekuk Lateral dan Tekuk Torsional di Seluruh Bentang.....	13
Gambar 2.10	Tekuk Pasca Web Karena Kompresi .....	13
Gambar 2.11	Penampang Kolom Komposit.....	14
Gambar 2.12	Tipe Dinding Geser Pelat Baja .....	16
Gambar 3.1	Peta untuk $S_s$ (Parameter Respons Spectral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko Tertarget, dengan Periode Ulang Gempa 2500 th).....	24
Gambar 3.2	Peta untuk $S_1$ (Parameter Respons Spectral Percepatan Gempa Maksimum yang	



## Dipertimbangkan Risiko Tertarget, dengan

	Periode Ulang Gempa 2500 th).....	25
Gambar 3.3	Bagian dari Castellated Beam.....	27
Gambar 4.1	Pelat Lantai Atap .....	37
Gambar 4.2	Penulangan Bondek Atap .....	39
Gambar 4.3	Pelat Lantai Perkantoran.....	40
Gambar 4.4	Penulangan Bondek Perkantoran .....	42
Gambar 4.5	Pelat Lantai Parkir .....	42
Gambar 4.6	Penulangan Bondek Lantai Parkir .....	44
Gambar 4.7	Denah Pembebanan Balok Lantai Atap .....	46
Gambar 4.8	Detail Potongan <i>Castellated Beam</i> .....	47
Gambar 4.9	Denah Pembebanan Balok Lantai Kantor .....	53
Gambar 4.10	Detail Potongan <i>Castellated Beam</i> .....	54
Gambar 4.11	Denah Pembebanan Balok Lantai Parkir .....	60
Gambar 4.12	Detail Potongan <i>Castellated Beam</i> .....	61
Gambar 4.13	Denah <i>Lift</i> .....	68
Gambar 4.14	Potongan Melintang <i>Lift</i> .....	69
Gambar 4.15	Pembebanan Balok Penggantung <i>Lift</i> .....	70
Gambar 4.16	Hasil Gaya Dalam Balok Lift .....	71
Gambar 4.17	Diagram Momen Balok Penggantung <i>Lift</i> ....	73
Gambar 4.18	Denah Tangga Kantor.....	75
Gambar 4.19	Pelat Anak Tangga .....	76

Gambar 4.20	Sketsa Pembebanan Pengaku Anak Tangga..	78
Gambar 4.21	Denah Bordes .....	81
Gambar 4.22	Model Pembebanan Balok Utama Tangga....	86
Gambar 4.23	Bidang M Balok Tangga.....	88
Gambar 4.24	Bidang D Balok Tangga .....	89
Gambar 4.25	Bidang N Balok Tangga .....	90
Gambar 4.26	Analisa Lendutan Balok Utama Tangga .....	93
Gambar 4.27	Pembebanan Balok Penumpu Tangga.....	94
Gambar 4.28	Posisi Ma, Mb, Mc Balok Penumpu Tangga	97
Gambar 4.29	Lendutan Hasil SAP .....	99
Gambar 5.1	Denah Struktur Modifikasi Gedung Parkir dan Kantor PT.Pelindo II.....	101
Gambar 5.2	Model 3 Dimensi Struktur Gedung Parkir dan Kantor PT.Pelindo II dengan Dinding Geser Pelat Baja (SPSW).....	102
Gambar 5.3	Grafik Spektrum Percepatan Gempa Wilayah Padang .....	111
Gambar 6.1	Detail Potongan Castellated Beam.....	122
Gambar 6.2	Penampang Kolom Komposit CFT dengan Profil HSS 800x800x25x25 .....	128
Gambar 7.1	Sambungan Balok Induk dan Balok Anak (A) .....	149

Gambar 7.2	Sambungan Balok Induk dan Balok Anak (B) .....	150
Gambar 7.3	Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga.....	152
Gambar 7.4	Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom .....	155
Gambar 7.5	Sambungan Kolom dengan Kolom.....	157
Gambar 7.6	Sambungan SPSW dengan Kolom.....	158
Gambar 7.7	Sambungan HBE dengan VBE pada Dinding Geser.....	159
Gambar 7.8	Tampak Atas Sambungan Balok Induk dengan Kolom .....	165
Gambar 7.9	Arah beban Sumbu X Pada Base Plate .....	172
Gambar 7.10	Arah Beban Sumbu Y Pada Base Plate.....	173
Gambar 7.11	Tampak Samping Sambungan Baseplate dengan Kolom Pedestal .....	176
Gambar 7.12	Tampak Atas Sambungan baseplate dengan Kolom Pedestal.....	176
Gambar 7.13	Sambungan SPSW dengan Sloof .....	177
Gambar 8.1	Posisi tiang pancang kolom .....	183
Gambar 8.2	Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program PCA Col.....	191
Gambar 8.3	Penulangan Kolom Pedestal .....	186
Gambar 8.4	Pemulangan Sloof.....	194



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Rekapitulasi Pelat Lantai Atap .....	39
Tabel 4.2	Rekapitulasi Pelat Lantai Kantor .....	42
Tabel 4.3	Rekapitulasi Pelat Lantai Parkir 2-6 .....	45
Tabel 4.4	Rekapitulasi Pelat Lantai Parkir 1A-5A.....	45
Tabel 5.1	Rekapitulasi Berat Bangunan.....	104
Tabel 5.2	Nilai $\tilde{N}$ untuk Penentuan Jenis Tanah .....	107
Tabel 5.3	Nilai T dan Sa.....	110
Tabel 5.4	Rasio Partisipasi Massa .....	113
Tabel 5.5	Perioda dan Frekuensi Struktur.....	114
Tabel 5.6	Reaksi Dasar Struktur .....	116
Tabel 5.7	Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa .....	117
Tabel 5.8	Gaya Geser Dasar Akibat BEban Gempa Dikali Faktor Skala.....	118
Tabel 5.9	Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah –X.....	119
Tabel 5.10	Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah –Y.....	120
Tabel 6.1	Rekapitulasi Profil Kolom .....	146
Tabel 6.2	Rekapitulasi Profil Balok Induk.....	146
Tabel 8.1	Jarak Tiang Pancang Kolom .....	183





*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **DAFTAR Lampiran**

Lampiran 1	Denah Sloof dan Denah Pondasi
Lampiran 2	Denah Balok Lantai 1A-3A
Lampiran 3	Denah Balok Lantai 4A-5A
Lampiran 4	Denah Balok Lantai 2-3
Lampiran 5	Denah Balok Lantai 4-6
Lampiran 6	Denah Balok Lantai 7-9
Lampiran 7	Denah Balok lantai Atap
Lampiran 8	Denah Kolom Lantai 1A-5A
Lampiran 9	Denah Kolom Lantai 2-6
Lampiran 10	Denah Kolom Lantai 7-9
Lampiran 11	Potongan B&C
Lampiran 12	Potongan A
Lampiran 13	Potongan Tangga
Lampiran 14	Sambungan balok Induk dan Balok Anak
Lampiran 15	Sambungan Balok Utama Tangga dan Balok Penumpu Tangga
Lampiran 16	Sambungan Balok Penumpu Tangga Dengan Kolom
Lampiran 17	Sambungan Kolom dengan Kolom
Lampiran 18	Sambungan SPSW dengan Kolom
Lampiran 19	Sambungan HBE dan VBE Pada Dinding Geser

Lampiran 20 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Lampiran 21 Sambungan SPSW dengan Sloof

Lampiran 22 Sambungan Kolom dengan Baseplate

Lampiran 23 Penulangan Poer

Lampiran 24 Penulangan Sloof dengan Pedestal

Lampiran 25 Data Tanah

Lampiran 26 Data Lift

Lampiran 27 Brosur Tiang Pancang



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Maraknya pembangunan gedung-gedung tinggi di Indonesia membuat para perencana struktur mencari alternatif desain yang paling tepat untuk digunakan dalam merencanakan suatu bangunan, salah satunya adalah dalam pemilihan bahan struktur utama gedung. Dalam pemilihan bahan struktur, ada perencana yang menggunakan beton bertulang maupun baja komposit (Zakki, 2013).

Metode beton konvensional, walaupun umum dipakai dalam pembangunan gedung, saat ini memiliki banyak kekurangan. Pertama, waktu pelaksanaan pekerjaan relatif lama terkait dengan pembukaan elemen bekisting beton yang berkisar 21 – 28 hari. Kedua, proses pengecoran di lapangan sangat bergantung pada kondisi cuaca sehingga sering terjadi penundaan pekerjaan yang mempengaruhi waktu penyelesaian proyek. Ketiga, kualitas beton sulit untuk di kontrol sehingga seringkali mutu beton tidak seragam. Keempat, jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan relatif banyak sehingga biaya di sektor SDM (sumber daya manusia) cukup tinggi. Kelima, pemakaian bekisting sebagai media untuk mencetak beton menghasilkan banyak *waste material* terutama pada bekisting yang berbahan kayu (Cahya, 2015).

Berdasarkan hal diatas, maka diperlukan desain ulang pada gedung yang dapat menutupi kekurangan pada perencanaan struktur beton, yaitu dengan merencanakan struktur bangunan menggunakan sistem struktur *steel plate shear wall* dengan baja *castellated beam* dan kolom *concrete filled steel tube*. Perencanaan struktur baja merupakan suatu alternatif yang menguntungkan dalam pembangunan gedung dan struktur yang lainnya baik dalam skala kecil maupun skala besar.

Material baja mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan bahan konstruksi lain. Bila dibandingkan dengan beton konvensional, baja memiliki beberapa keunggulan yang perlu



diperhatikan dalam pembangunan yang saat ini sedang berkembang pesat, selain awet dan kuat, berat yang dimiliki lebih ringan, *specific strength* yang lebih tinggi serta waktu pengerjaan yang lebih cepat dapat mempercepat pengerjaan konstruksi. Dan material baja memiliki keseragaman material yang lebih terjamin karena dibuat secara fabrikasi (Rakhman, 2011).

Pada balok kebanyakan struktur bangunan dengan material baja menggunakan profil baja solid. Profil solid ini sudah digunakan sejak awal perkembangan era struktur baja. Seiring dengan perkembangannya dan mulai ditemukannya *castellated beam*, penggunaan profil baja mulai lebih beragam. Tetapi dibandingkan dengan profil baja solid, profil *castellated* bisa menjadi solusi praktis dalam pengerjaan konstruksi, karena karakteristiknya yang cukup menguntungkan (Malada, 2012).

Kolom komposit tabung baja disarankan karena memiliki kekuatan penuh sehingga mencegah kekhawatiran stabilitas global dan lokal pada kolom. Ada berbagai macam jenis kolom komposit dari berbagai penampang, tetapi yang paling umum digunakan dan dipelajari adalah tabung baja berintikan beton. Sebuah beton penuh *concrete filled steel tube (CFT)* dibentuk dengan mengisi tabung baja dengan beton. Hal ini juga diketahui bahwa tabung baja berintikan beton (*CFT*) kolom saat ini semakin digunakan dalam konstruksi bangunan, karena memiliki sifat statis dan tahan gempa yang sangat baik, seperti kekuatan tinggi, daktilitas tinggi, kapasitas penyerapan energi yang besar, kekakuan lentur, kinerja api bersama dengan kemampuan konstruksi yang menguntungkan dll. (Darshika et al, 2014).

Sistem struktur *steel plate shear wall* terdiri dari baja tipis dengan dua kolom dan dua balok lantai horizontal yang digunakan sebagai penahan beban lateral untuk bangunan tahan gempa (Suryani, 2012). Telah diketahui oleh beberapa eksperimen dan analisis penyelidikan, deformasi inelastis siklik *SPSW* menunjukkan kekakuan awal tinggi, bersifat sangat daktil dan dapat menghilangkan sejumlah besar energi (Berman dan Bruneau, 2003). Sifat ini sangat cocok untuk melawan dan

mengurangi beban gempa yang nantinya terjadi. Penggunaan dinding geser merupakan salah satu solusi yang dapat digunakan untuk meningkatkan kekakuan struktur dalam arah horisontal untuk menahan gaya-gaya lateral (Windah, 2011).

Dalam laporan tugas akhir ini, akan dibahas tentang perencanaan gedung parkir dan kantor menggunakan sistem struktur *steel plate shear wall* dengan *castellated beam* dan kolom *concrete filled steel tube* pada gedung 10 lantai. Pada akhirnya perencanaan ini diharapkan akan bermanfaat untuk menambah referensi bagi perencana yang berminat menggunakan material baja *castellated beam* dan kolom *concrete filled steel tube*, karena dalam pemilihan tipe struktur dan material tidak hanya dituntut dalam segi kekuatan menerima beban, tapi harus memiliki daya guna bangunan yang seimbang.

## 1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang ditinjau dalam modifikasi “Gedung Parkir dan Kantor Menggunakan *Castellated Beam* dan Kolom *concrete filled tube (CFT)*” antara lain:

1. Bagaimana menentukan *preliminary design* perencanaan struktur gedung menggunakan *castellated beam*, kolom baja *concrete filled steel tube (CFT)*, serta sistem struktur *steel plate shear wall*?
2. Bagaimana menghitung pembebanan struktur gedung menggunakan *castellated beam*, kolom baja *concrete filled steel tube (CFT)*, serta sistem struktur *steel plate shear wall*?
3. Bagaimana permodelan pembebanan struktur gedung menggunakan *castellated beam*, kolom baja *concrete filled steel tube (CFT)*, serta sistem struktur *steel plate shear wall* dan analisa struktur dengan program bantu SAP 2000?
4. Bagaimana mengontrol desain struktur gedung menggunakan *castellated beam*, kolom baja *concrete*

*filled steel tube (CFT)*, serta sistem struktur *steel plate shear wall*?

5. Bagaimana merencanakan pondasi struktur bangunan gedung?
6. Bagaimana hasil perencanaan terhadap profil yang digunakan untuk struktur portal utama dan struktur sekunder?
7. Bagaimana output gambar struktur Gedung Parkir dan Kantor menggunakan *castellated beam*, kolom baja *concrete filled steel tube (CFT)*, serta sistem struktur *steel plate shear wall*?

### 1.3 Tujuan Perencanaan

Adapun tujuan yang ditinjau modifikasi “Gedung Parkir dan Kantor Menggunakan *Castellated Beam* dan Kolom *concrete filled tube (CFT)*”, antara lain:

1. Merancang *preliminary design* struktur menggunakan *castellated beam*, kolom baja *concrete filled steel tube (CFT)*, serta sistem struktur *steel plate shear wall*.
2. Menghitung pembebanan struktur menggunakan *castellated beam*, kolom baja *concrete filled steel tube (CFT)*, serta sistem struktur *steel plate shear wall*.
3. Membuat permodelan dan melakukan analisa struktur *castellated beam*, kolom baja *concrete filled steel tube (CFT)*, serta sistem struktur *steel plate shear wall* menggunakan program bantu SAP 2000.
4. Mengontrol desain struktur menggunakan *castellated beam*, kolom baja *concrete filled steel tube (CFT)*, serta sistem struktur *steel plate shear wall*.
5. Merencanakan pondasi struktur bangunan gedung.
6. Mendapatkan hasil perencanaan berupa ukuran profil-profil yang digunakan pada struktur portal utama dan struktur sekunder.
7. Menuangkan hasil perencanaan ke dalam gambar teknik, meliputi struktur utama dan sekunder.



#### 1.4 Batasan Masalah

Pada perencanaan modifikasi ini, penulis membatasi masalah meliputi:

1. Perencanaan struktur utama meliputi balok induk dan kolom, dan struktur sekunder meliputi pelat lantai, balok anak, tangga dan *lift*, pondasi.
2. Tidak meninjau dari segi metode pelaksanaan, analisa biaya, arsitektural, dan manajemen konstruksi.
3. Pemodelan dan analisa struktur dilakukan dengan program bantu SAP 2000.

#### 1.5 Manfaat Perencanaan

Manfaat yang bisa didapatkan dari modifikasi perencanaan ini adalah:

1. Dapat merencanakan struktur baja lebih dari 6 lantai yang memenuhi persyaratan keamanan struktur.
2. Dari perencanaan ini bisa diketahui hal-hal yang harus diperhatikan pada saat perencanaan sehingga kegagalan struktur bisa diminimalisi.





## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Perkembangan desain dan struktur baja semakin berkembang. Seperti ditemukannya *Boynd Beam* oleh seorang insinyur Argentina. Geoffrey Murray Boyd pada tahun 1930an. Kemudian nama itu diubah menjadi *Castellated Beam*, dan dari sini mulai banyak terdapat variasi profil, terutama dalam aplikasi pada balok (Prasetyo, 2010)

Karena kekhawatiran akan stabilitas lokal dan global pada tabung telanjang maka dikembangkan komposit agar memiliki kekuatan penuh. Kolom komposit sangat disarankan karena dapat jenis kolom komposit dari berbagai bagian. baja ber intikan beton saat ini semakin digunakan dalam konstruksi bangunan, karena baja berintikan beton merupakan statis yang baik bagi gempa bumi, memiliki sifat tahan terhadap kekuatan, daktilitas tinggi, memiliki kapasitas penyerapan energy yang besar, kekakuan lentur, konstruksi dapat tahan terhadap api. Dan baru-baru ini kolom baja berintikan beton menjadi sangat menarik bagi *engineer* untuk merancang infrastruktur (Shah., et.Al, 2014).

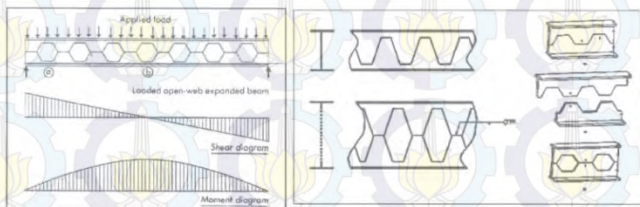
Untuk bangunan tinggi tahan gempa umumnya gaya-gaya lateral yang dibebani pada kolom cukup besar sehingga perlu menggunakan elemen-elemen struktur kaku berupa dinding geser untuk menahan gaya geser yang timbul akibat beban gempa. Dengan adanya dinding geser yang kaku pada bangunan, maka beban gempa akan terserap oleh dinding geser tersebut (Widodo., et.Al, 2013).

#### **2.2 Profil Baja *Castellated Beam***

##### **2.2.1 Pengertian Profil Baja *Castellated Beam***

Profil baja *castellated beam* dibuat dengan cara memotong bagian badan dari profil baja I atau *wide flange* dengan pola gerigi gergaji (zig-zag) disepanjang bentang profil tersebut. Kemudian masing-masing bagian tersebut disambung dengan las

disalah satu ujungnya sehingga dihasilkan penampang baru seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Profil baja *castellated beam* dapat dibuat secara ekonomis dengan menggunakan balok baja yang dipotong mengikuti pola zig-zag sepanjang garis tengah balok. Ujung potongan serupa kemudian disambung satu sama lain dengan las busur. Pada balok profil I atau WF, bagian sayap pada profil memegang peranan yang sangat penting dalam menahan tegangan lentur sehingga kehilangan luas pada badan akibat lubang tidak terlalu berpengaruh, sepanjang momen masih diperhitungkan. Bagaimanapun tegangan geser yang harus diperhitungkan pada lubang badan yang ada. Pada bagian lubang badan, dua buah profil T seolah-olah bekerja sebagai bagian yang menahan gaya geser vertikal. Pada titik b (Gambar 2.1), gaya geser minimum sehingga hanya memberikan sedikit efek pada kekuatan balok. Pada titik a yang berada dekat dengan perletakan, gaya geser yang dihasilkan cukup besar, sehingga tegangan yang dihasilkan dari beban pada balok harus dihitung berdasarkan penampang T karena berlubang (Adhibaswara, 2011)



**Gambar 2.1** Profil Baja *Castellated Beam*

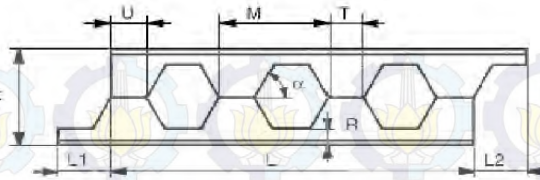
### 2.2.2 Tipe – Tipe Pemotongan Profil Baja *Castellated Beam*

Ada 4 (empat) tipe pemotongan balok berdasarkan dimensi U dan T (Grunbauer, 2001)

1. *Beam ends left ragged*,  $U = T$

Pada Gambar 2.2 tipe *castellated beam* ini mengandalkan pemotongan yang mudah, sederhana dan mudah dalam desainnya, tetapi kurang baik digunakan.

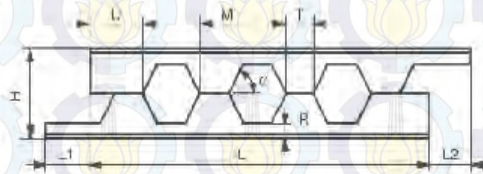




**Gambar 2.2** *Beam Ends Left Ragged*

2. *Beam ends left ragged,  $U > T$*

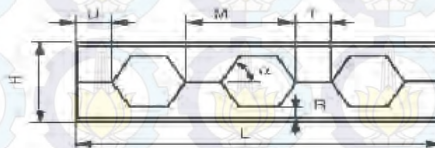
Seperti pada Gambar 2.3 tipe pemotongan *castellated beam* jenis ini menghasilkan ujung potongan yang panjang tetapi tidak efektif.



**Gambar 2.3** *Beam Ends Left Ragged,  $U > T$*

3. *Beam ends finished,  $U = T$*

Pada Gambar 2.4 merupakan tipe pemotongan *castellated beam* yang menghasilkan pemotongan yang baik atau rapi serta dapat menghemat material sehingga tidak banyak bahan yang terbuang. Tipe pemotongan ini yang umum digunakan pada pelaksanaan konstruksi *castellated beam*.

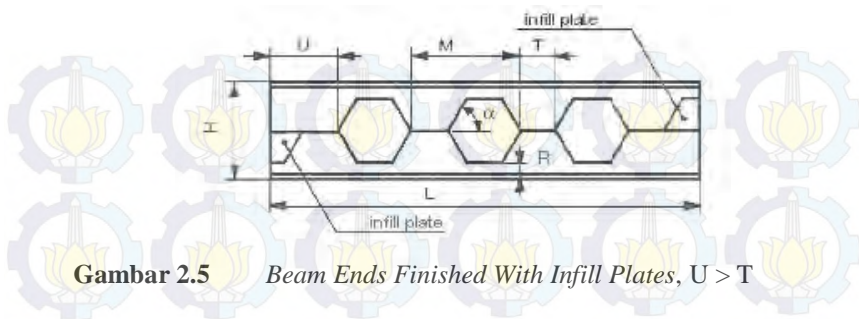


**Gambar 2.4** *Beam Ends Finished,  $U = T$*

4. *Beam ends finished with infill plates,  $U > T$*

Pada pemotongan tipe seperti Gambar 2.5 profil dapat menjadi kuat dan kaku, namun biaya akan mahal karena adanya penambahan plat.





**Gambar 2.5** *Beam Ends Finished With Infill Plates,  $U > T$*

### 2.2.3 Kelebihan dan Kekurangan Profil Baja *Castellated Beam*

Berikut ini merupakan kekurangan dari profil baja *Castellated Beam* adalah:

1. *Castellated beam* kurang tahan terhadap api, sehingga harus ditambah lapisan tahan api (*fire proofing*) 20% lebih tebal agar mencapai ketahanan yang sama dengan profil awalnya (Grunbauer, 2001).
2. Kurang kuat menerima gaya lateral, sehingga perlu diberi satu atau lebih plat pada ujung-ujung (dekat dengan pertemuan balok-kolom) (Grunbauer, 2001).
3. Pada ujung-ujung bentang (disudut profil) terjadi peningkatan pemusatan tegangan (*stress concentration*) (Amayreh dan Saka, 2005).
4. *Castellated beam* tidak sesuai untuk bentang pendek dengan beban yang cukup berat (Amayreh dan Saka, 2005).
5. Analisa dari defleksi lebih rumit daripada balok solid (Amayreh dan Saka, 2005).

Berikut ini merupakan kelebihan dari profil baja *Castellated Beam* adalah:

1. *Castellated beam* dapat meningkatkan kekuatan lentur vertikal pada balok. Karena telah terbukti efisien dan cukup untuk mengendalikan kapasitas momen atau defleksi (Amayreh dan Saka, 2005).

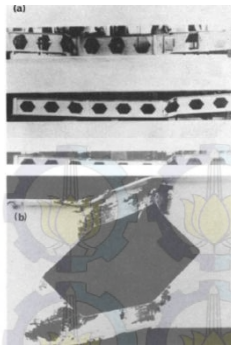
2. Karena disain profil pada inersianya cukup tinggi mengakibatkan rasio kekuatan yang tinggi, serta memiliki biaya yang murah (Amayreh dan Saka, 2005)..
3. Dapat menjadi nilai estetika dalam pemanfaatan bukaan web sebagai bagian layanan sehingga dapat membuat penampilan profil balok menarik (Amayreh dan Saka, 2005).

#### **2.2.4 Kegagalan Pada Profil *Castellated Beam***

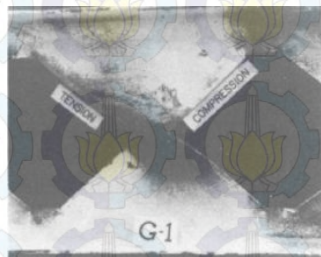
Studi eksperimental pada *castellated beam* telah menunjukkan bahwa modus kegagalan tergantung terutama pada kelangsingan balok, geometri yang dipotong (tinggi, luas, dan jarak lubang) dan jenis pembebanannya. Dengan asumsi dukungan lateral yang memadai dan diterapkan memuat memproduksi baik saat geser maka runtuhnya mungkin terjadi dengan baik (Kerdal dan Nethercot, 1984).

Berikut merupakan cara-cara kegagalan dari profil *castellated beam* (Kerdal dan Nethercot, 1984) :

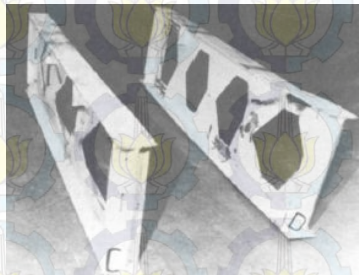
1. Pembentukan mekanisme Vierendeel (Gambar 2.6)
2. Tekuk lateral-torsi dari satu atau beberapa posting web (Gambar 2.7)
3. Pecahnya dari sambungan las di posting web dalam rentang satu sasaran yang seragam, dengan dua mode kegagalan yang mirip dengan selaput balok yang telah diamati (Gambar 2.8)
4. Tekuk lateral dan torsional dari seluruh rentang (Gambar 2.9)
5. Tekuk pasca web karena kompresi (Gambar 2.10).



**Gambar 2.6** Mekanisme Vierendeel. (a) Secara keseluruhan tampilan, (b) close-up dari *castellation*.

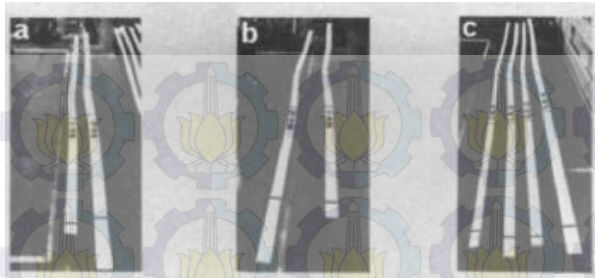


**Gambar 2.7** Tekuk Lateral - Torsi Dari Satu atau Beberapa Posting  
Web

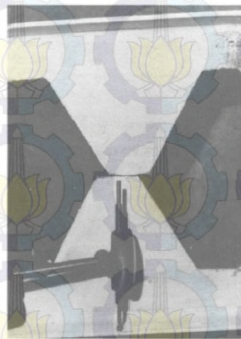


**Gambar 2.8** Pecahnya dari Sambungan Las di Posting Web





**Gambar 2.9** Tekuk Lateral dan Torsional dari Seluruh Rentang



**Gambar 2.10** Tekuk Pasca Web Karena Kompresi

## **2.3 Kolom *Concrete Filled Steel Tube***

### **2.3.1 Pengertian Kolom *Concrete Filled Steel Tube***

*Concrete filled steel tube* merupakan kolom baja yang berintikan beton. Pada perkembangan zaman *Concrete Filled Steel Tube (CFT)* digunakan dalam struktur utama karena memiliki kekuatan yang tinggi, daktilitas yang tinggi, serta kekakuan yang tinggi. Kolom baja ini diisi dengan beton agar menjadi solusi untuk meningkatkan perlawanan tekuk lokal dari baja berdinding tipis (FeiXu, Ju Chen, Wei-liang Jin, 2014).

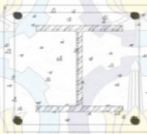
### **2.3.2 Tipe Kolom *Concrete Filled Steel Tube***



Kolom komposit didefinisikan sebagai kolom baja yang dibuat dari potongan baja giling (*rolled*) *built-up* dan di cor didalam beton struktural atau terbuat dari tabung atau pipa baja dan diisi dengan beton struktural (Salmon & Jonson, 1996).

Ada dua kolom tipe komposit, yaitu:

1. Kolom komposit yang terbuat dari profil baja yang diberi selubung beton di sekelilingnya (kolom baja berselubung beton), seperti Gambar 2.11 (a) (Husada, 2013).
2. Kolom komposit terbuat dari penampang baja berongga (kolom baja berintikan beton), seperti Gambar 2.11 (b), (c) (Husada, 2013).



(a)



(b)



(c)

Profil Baja Dibungkus Beton *Concrete Filled Steel Tube*

**Gambar 2.11** Penampang Kolom Komposit

Kolom komposit baik itu kolom baja berselubung beton atau kolom baja berintikan beton merupakan suatu lokasi hemat untuk suatu kasus dimana kapasitas beban tambahan yang diinginkan lebih besar dibandingkan dengan penggunaan kolom baja sendiri. Kolom komposit juga menjadi solusi jika beban yang terjadi pada struktur kolom sangatlah besar, maka penambahan material beton pada struktur kolom dapat memikul beban yang terjadi, sehingga ukuran profil baja tidak perlu diperbesar lagi (Mursid, 2013).

### 2.3.3 Kelebihan Kolom *Concrete Filled Steel Tube*

Kolom *CFT* mempunyai beberapa keuntungan daripada baja dan beton yang dipisah. Berikut merupakan keuntungan utamanya adalah sebagai berikut :

1. Interaksi antara pipa baja dan beton (Morino et al, 2001) :

- a. Peristiwa tekuk lokal dari pipa baja akan lambat, dan pengurangan kekuatan akibat tekuk lokal akan ditahan oleh beton.
  - b. Kekuatan beton akan bertambah akibat penggabungan dengan pipa baja.
  - c. Penyusutan dan retak dari beton akan jauh lebih kecil dari beton bertulang.
2. Penampang (Morino et al, 2001) :
    - a. Rasio baja dari *CFT* jauh lebih banyak dari beton bertulang.
    - b. Baja dari penampang *CFT* berperilaku plastis dengan baik saat tertekuk karena baja di penampang terluar.
  3. Efisiensi Konstruksi (Morino et al, 2001) :
    - a. Tidak memerlukan tulangan dan bekisting sehingga tidak memerlukan banyak tenaga manusia dan menghemat biaya konstruksi.
    - b. Tempat konstruksi tetap terjaga bersih
  4. Tahan Kebakaran (Morino et al, 2001) :
    - a. Beton meningkatkan performa anti kebakaran yang dapat mengurangi jumlah bahan tahan api.

## **2.4 Dinding Geser Pelat Baja (*Steel Plate Shear Wall*)**

### **2.4.1 Pengertian Dinding Geser**

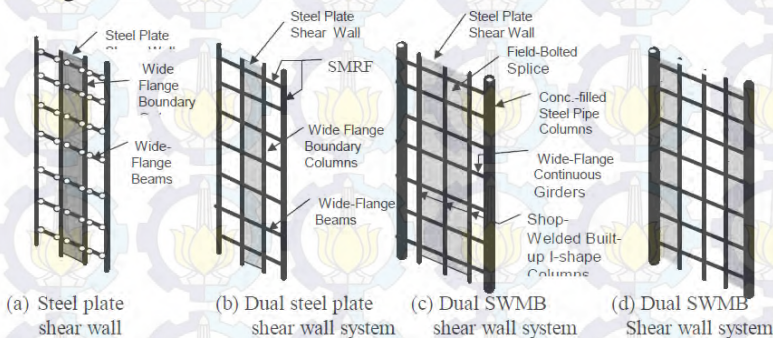
Dinding geser merupakan dinding yang dirancang untuk menahan gaya lateral akibat gempa bumi. Dinding geser yang efektif adalah yang bersifat kaku dan kuat. Dalam struktur bertingkat, dinding geser sangat penting karena selain untuk mencegah kegagalan dinding eksterior, dinding geser juga mendukung beberapa lantai gedung dan memastikan bahwa struktur tidak runtuh akibat gerakan lateral akibat gempa bumi (Suryani, 2012).

Dinding geser tidak hanya terbuat dari material beton saja tetapi dewasa ini sudah berkembang dinding geser yang terbuat dari pelat baja. Kedua jenis dinding geser ini memiliki karakter dan sifat yang berbeda dan hanya diterapkan pada struktur yang

sama dengan material masing-masing. Dinding geser pelat baja atau *steel plate shear wall* terdiri dari baja tipis dengan dua kolom dan dua balok lantai horisontal (Suryani,2012).

#### 2.4.2 Tipe Dinding Geser *Steel Plate Shear Wall*

Dinding geser merupakan suatu dinding struktur yang sangat berguna dalam gedung tingkat tinggi. Dalam struktur dinding geser plat baja (*steel plate shear wall*) mempunyai bentuk-bentuk dan variasi yang berbeda-beda, dimana dimensi dari dinding geser dipengaruhi besarnya gaya lateral yang diterima oleh dinding geser tersebut. Adapun macam bentuk bagian dinding geser yang umum dan sering digunakan dalam gedung bertingkat adalah sebagai berikut (Astaneh, 2000) :



**Gambar 2.12** Tipe Dinding Geser Plat Baja

Sumber : Astaneh (2000)

#### 2.4.3 Fungsi Dinding Geser *Steel Plate Shear Wall*

Fungsi dinding geser ada dua, yaitu kekuatan dan kekakuan :

1. Kekuatan
  - a. Dinding geser harus memberikan kekuatan lateral yang diperlukan untuk melawan kekuatan gempa horizontal.
  - b. Ketika dinding geser cukup kuat, mereka akan mentransfer gaya horizontal ini ke elemen berikutnya



dalam jalur beban dibawah mereka seperti dinding geser lainnya, lantai, pondasi, dll.

2. Kekakuan

- a. Dinding geser juga memberikan kekakuan lateral untuk mencegah atap atau lantai di atas dari sisi goyangan yang berlebihan.
- b. Ketika dinding geser cukup kaku, akan mencegah membungkai lantai dan atap dari bergerak untuk mendukungnya.
- c. Bangunan yang cukup kaku biasanya kerusakan yang terjadi nonstruktural.

#### **2.4.4 Keuntungan dan Kekurangan *Steel Plate Shear Wall***

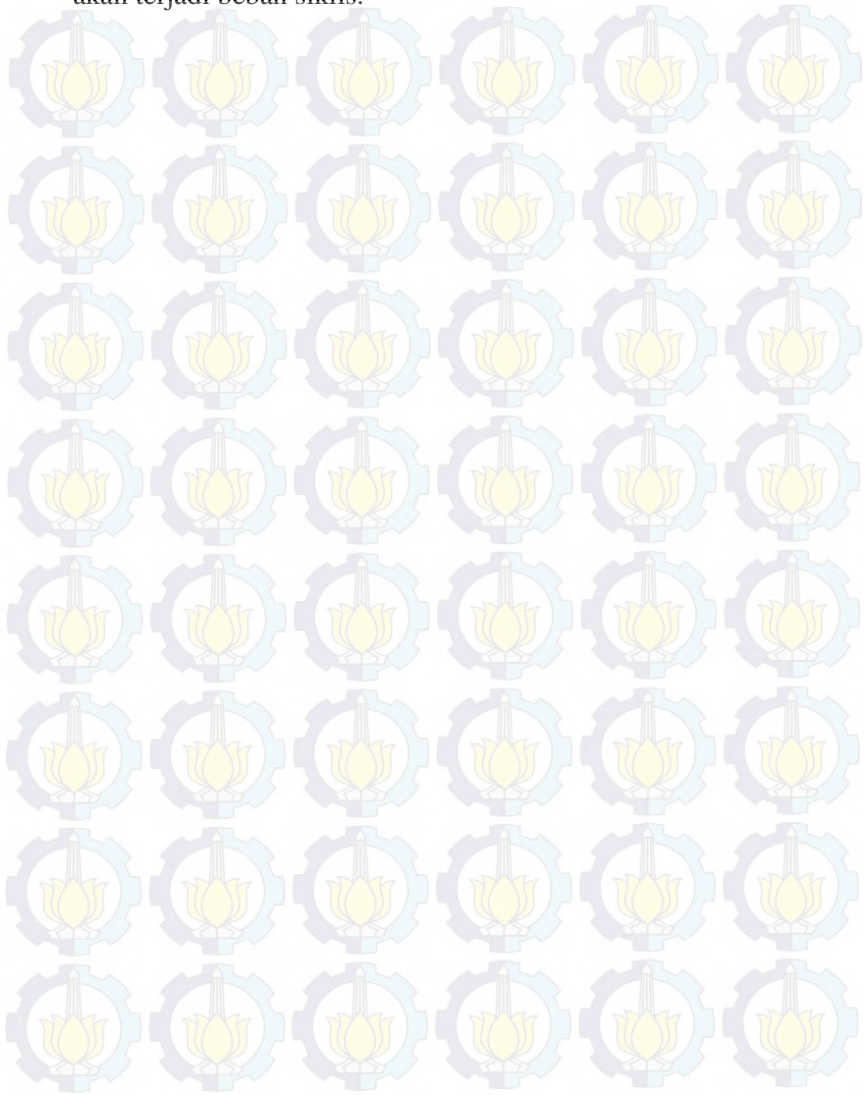
Pada *steel plate shear wall* terdapat keuntungan dalam penggunaanya (Setiawan, 2008), seperti:

1. Mempunyai kekuatan tinggi sehingga dapat mengurangi ukuran struktur serta mengurangi pula berat sendiri dari struktur tersebut.
2. Keseragaman dan keawetan yang tinggi, tidak seperti halnya material beton bertulang terdiri dari berbagai macam bahan penyusun.
3. Memiliki sifat yang lebih elastis.
4. Daktilitas baja cukup tinggi.
5. Kemudahan penyambungan antar elemen baja satu dengan lainnya.

Pada *steel plate shear wall* terdapat kekurangan dalam penggunaanya (Setiawan, 2008), seperti:

1. Umumnya material baja rentan terhadap korosi jika terjadi kontak dengan udara dan air sehingga perlu dicat secara periodik.
2. Tidak tahan api karena baja suhu tinggi akan meleleh.
3. Rentan terhadap tekuk dan kekuatan baja akan menurun jika mendapat beban siklis sehingga dalam perancangan perlu

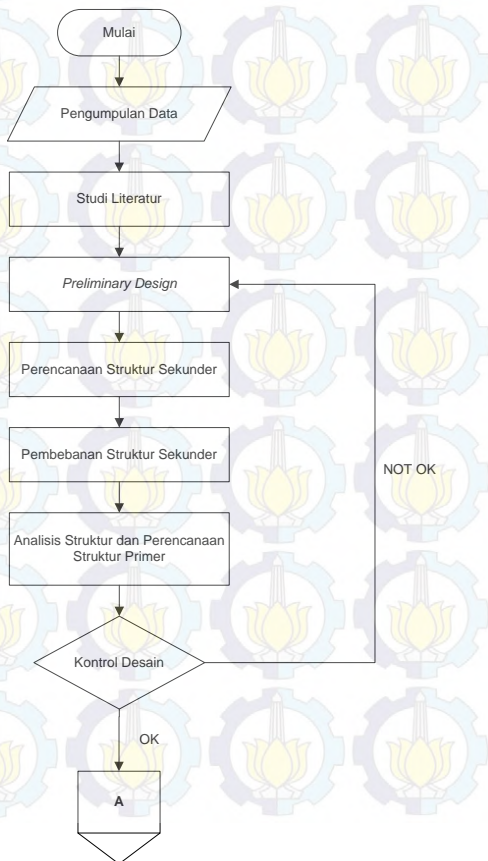
dilakukan pengurangan kekuatan jika pada elemen struktur akan terjadi beban siklis.



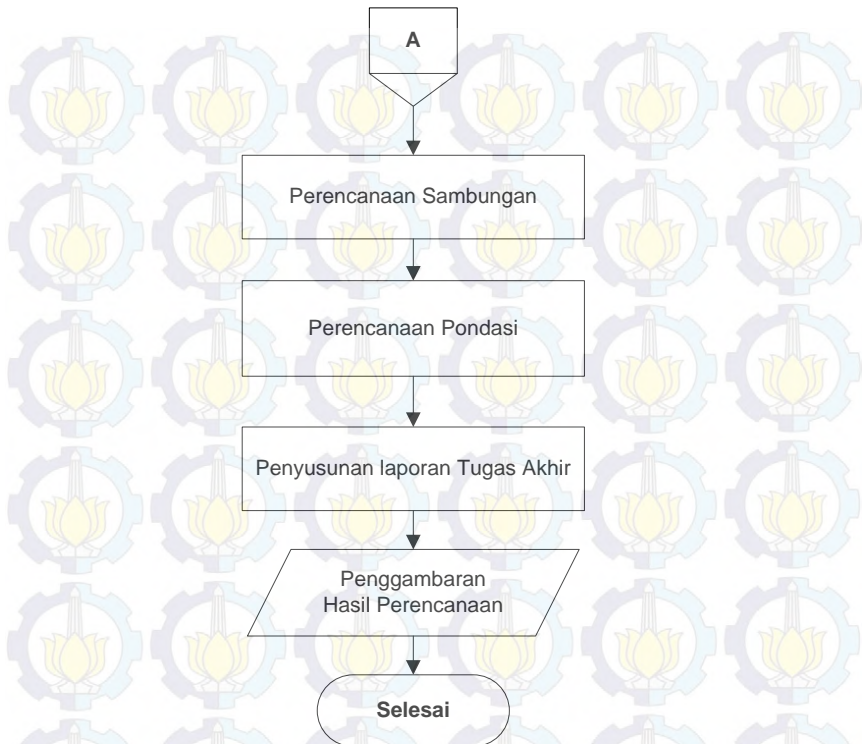
## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Diagram Alur Perencanaan

Metodologi ini akan menguraikan serta menjelaskan secara rinci penyelesaian perencanaan struktur secara lebih terperinci. Adapun langkah-langkah dalam penyelesaian perencanaan struktur ini di tuangkan dalam diagram alir perencanaan tugas akhir Diagram 3.1.







**Diagram 3.1 Diagram Alir Perencanaan Tugas Akhir**

## **3.2 Uraian Metodologi Perencanaan**

### **3.2.1 Pengumpulan Data**

Mengumpulkan literatur - literatur yang berhubungan dengan sistem struktur *steel plate shear wall*, *castellated beam*, kolom *concrete filled steel tube* dan dasar perhitungan struktur dalam penyelesaian studi alternatif pada gedung berstruktur baja. Serta mengumpulkan data umum bangunan dan data tanah gedung parkir dan kantor sebagai berikut :

### Data umum bangunan

- |                    |   |
|--------------------|---|
| 1. Nama Bangunan   | : Gedung Parkir dan Kantor<br>Cabang Pelabuhan Tanjung<br>Priok |
| 2. Lokasi Bangunan | : Tanjung Priok, Jakarta  |
| 3. Fungsi Bangunan | : Gedung parkir dan kantor                                      |
| 4. Jumlah Lantai   | : 9 Lantai  |
| 5. Tinggi Gedung   | : 32,2 meter  |
| 6. Struktur Utama  | : Beton   |

### Data Modifikasi Bangunan

- |                    |   |
|--------------------|---|
| 1. Nama Bangunan   | : Gedung Parkir dan Kantor  |
| 2. Lokasi Bangunan | : Padang  |
| 3. Fungsi Bangunan | : Gedung parkir dan kantor  |
| 4. Jumlah Lantai   | : 9 Lantai  |
| 5. Tinggi Gedung   | : 32,2 meter  |
| 6. Zona Gempa      | : Padang  |
| 7. Struktur Utama  | : <i>Castellated Beam</i> dan Kolom<br><i>Concrete Filled Steel<br/>Tube</i> (BJ 41, $f_y = 250$ MPa, $f_y$<br>$= 410$ MPa) |
| 8. Sistem Struktur | : Sistem <i>steel plate shear wall</i>  |

### 3.2.2 Studi Literatur

Melakukan studi referensi berupa: buku pustaka, penelitian terdahulu, jurnal yang terkait dengan konstruksi baja, peraturan mengenai perencanaan struktur gedung menggunakan *castellated beam*, kolom *concrete filled steel tube* dan sistem *steel plate shear wall* antara lain :

1. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1987.
2. SNI 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung.
3. SNI 03-1729-2015 Tentang Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.

4. AISC 341 2010, *Seismic Provision for Structural Steel Buildings*.
5. Browsing penelitian terdahulu dan jurnal-jurnal tentang *castellated beam*, kolom *concrete filled steel tube*, dan sistem struktur *steel plate shear wall* melalui internet.

### 3.2.3 Preliminary Design

Preliminary design ini merupakan penaksiran komponen struktur bangunan. Penaksiran komponen struktur bangunan tersebut antara lain penaksiran beban atap, tangga, lantai, lift, penaksiran *castellated beam* dan kolom *concrete filled steel tube* yang akan direncanakan.

### 3.2.4 Analisa Pembebanan

Perencanaan pembebanan pada struktur ini berdasarkan PPIUG 1987. Pembebanan tersebut anatara lain :

1. Beban Mati (1727:2013)

Menurut pasal 3.1.1 SNI 1727:2013, beban mati adalah berat seluruh konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, dan komponen arsitektural dan struktural lainnya.

2. Beban Hidup (1727:2013)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-benban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gudang itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.

3. Beban Angin (1727:2013)



Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif ini dinyatakan dalam  $\text{kg/m}^2$ , yakni ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup yang ditentukan dalam pasal 4.2 (PPIUG) dengan koefisien-koefisien angina yang ditentukan dalam pasal 4.3 (PPIUG)

#### 4. Kombinasi Pembebanan

Pembebanan struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan di bawah ini berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 4.2.2 yaitu :

1.  $1.4D$
2.  $1.2D + 1.6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
3.  $1.2D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + 0,5 (L \text{ atau } 0,5W)$
4.  $1,2D + 1,0 W + L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
5.  $1,2D + 1,0E + L$
6.  $0,9D + 1,0W$
7.  $0,9D + 1,0E$

dimana :

$D$  = Beban Mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan tetap.

$L$  = Beban Hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.

$E$  = Beban Gempa, yang ditentukan menurut SNI 03 – 1726 – 2012, atau penggantinya.

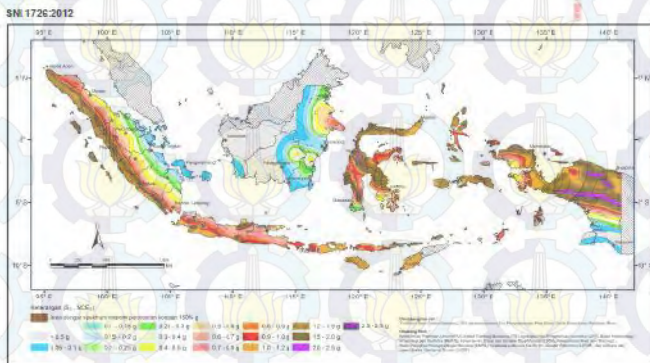
$L_a$  = Beban Hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.

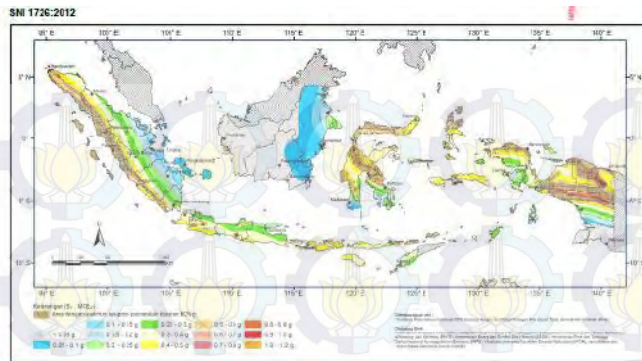
$W$  = Beban Angin

### 3.2.5 Perencanaan Gempa

Menentukan beban gempa dapat ditinjau dari beberapa faktor yaitu, masa bangunan serta kekakuan struktur, waktu getar alami, kondisi tanah, dan wilayah gempa struktur dilakukan konstruksi. Beban gempa yang diterima oleh struktur gedung dihitung berdasarkan peraturan gempa terbaru yaitu SNI 03-1726-2012, seperti berikut :

1. Menentukan faktor keutamaan dan kategori resiko bangunan gedung.
  - a. Kategori Resiko Bangunan  
Pada gedung yang dimodifikasi ini sesuai dengan tabel 1- Kategori resiko bangunan, maka termasuk pada kategori risiko bangunan II.
  - b. Faktor Keutamaan  
Pada faktor keutamaan sesuai dengan kategori risiko bangunan disesuaikan dengan data tanah dan zona lokasi bangunan yang dimodifikasi..
2. Menentukan parameter percepatan tanah ( $S_s$ ,  $S_1$ ) (SNI 03-1726-2012 Pasal 14)





**Gambar 3.2** Peta untuk  $S_1$  (Parameter Respons Spectral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko Tertarget, dengan Periode Ulang Gempa 2500 th)

- Menentukan klasifikasi situs ( $S_A$ - $S_F$ ) (SNI 03-1726-2012 Pasal 5.3)

Dilakukan pengecekan terhadap tanah yang berada dibawah pondasi berddasarkan data tanah bangunan daerah yang dimodifikasi.

- Menentukan faktor koefisien situs ( $F_a$ ,  $F_v$ ) (SNI 03-1726-2012 Pasal 6.2)

$F_a$  dan  $F_v$  didapat dengan menentukan nilai  $S_{MS}$  dan  $S_{M1}$

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \quad (3.1)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \quad (3.2)$$

- Menghitung parameter percepatan desain ( $SD_s$ ,  $SD_1$ )

$$S_{DS} = (2/3) S_{MS} \quad (3.3)$$

$$S_{D1} = (2/3) S_{M1} \quad (3.4)$$

- Menentukan kategori desain seismik (Padal 6.5)

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismic sesuai SNI-1726-2013 Pasal 6.5.

- Memilih factor koefisien modifikasi respons ( $R$ ), Faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) dan factor kuat lebih sistem ( $\Omega_0$ ) untuk sistem penahan gaya gempa (Pasal 7.2.2)
- Menentukan prosedur analisis gaya lateral
- Prosedur gaya lateral ekivalen



### 3.3 Analisa Struktur

Analisa struktur dalam perencanaan gedung tersebut bertujuan untuk mengetahui gaya-gaya dalam yang timbul pada elemen struktur akibat beban yang bekerja. Gaya yang dihasilkan adalah gaya aksial, gaya geser, momen lentur dan momen puntir. Selain itu juga digunakan untuk mengetahui besarnya pergeseran lateral. Perhitungan analisa struktur ini dilakukan dengan program bantu analisis SAP 2000 yang kemudian hasilnya digunakan untuk dilakukan kontrol pada desain yang telah direncanakan.

### 3.4 Desain dan Kontrol

#### 3.4.1 *Castellated Beam*

##### 1. Kontrol Penampang (SNI 1729:2015 tabel 7.5 – 1) :

Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{b}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.5)$$

$$\lambda_{Rw} = 5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_{Rf} = 1,0 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.6)$$

- Penampang Kompak :

$$\lambda \leq \lambda_p$$

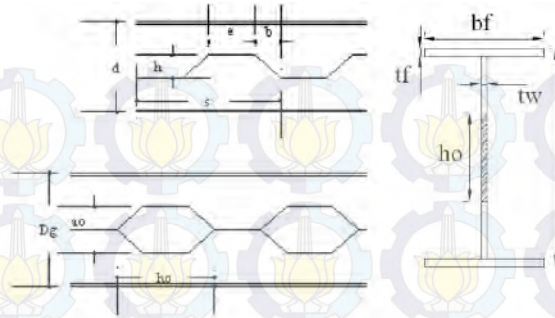
$$M_n = M_p = Z_x f_y$$

- Penampang Tidak Kompak :

$$\lambda < \lambda_p \leq \lambda_R$$

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7 S_x f_y) \frac{(\lambda - \lambda_p)}{(\lambda_R - \lambda_p)} \quad (3.8)$$

##### 2. Kontrol Tekuk Badan (eq. 4.2 ASCE journal page 3319) :



**Gambar 3.3** Bagian dari Castellated Beam

a.  $\frac{d-2t_f}{t_w} \leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}} ; \quad \frac{d-2t_f}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$

- $\frac{a_0}{h_0} \leq 3,0$  (3.9)

- $V_m \leq \frac{2}{3} V_p$  (3.10)

Untuk balok non-komposit dan balok komposit pada momen negatif

- $V_m \leq \frac{2}{3} V_p + V_c$  (3.11)

Untuk balok komposit pada momen positif

b.  $\frac{1100}{\sqrt{f_y}} < \frac{d-2t_f}{t_w} \leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}}$

- $\frac{a_0}{h_0} \leq 2,2$  (3.12)

- $V_m \leq 0,45 V_p$  (3.13)

c. Parameter Opening

- $P_o = \left(\frac{a_0}{h_0}\right) + \left(\frac{6h_0}{d}\right)$  tidak boleh lebih dari 5,6

untuk balok baja (3.14)

- $P_o = \left(\frac{a_0}{h_0}\right) + \left(\frac{6h_0}{d}\right)$  tidak boleh lebih dari 6,0

untuk balok komposit (3.15)

### 3. Kontrol Momen Lentur Nominal

Momen Lentur :

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$M_n = M_P - f_y \cdot \Delta A_s \cdot \left( \frac{h_o}{4} + e \right) \quad (3.16)$$

Keterangan :

$M_n$  = Kuat Momen Lentur Nominal Balok

$\Delta A_s$  =  $h_o \cdot t_w$

$h_o$  = tinggi lubang

$e$  = eksentrisitas lubang

$f_y$  = kuat leleh baja

### 4. Kontrol Kuat Geser

$$V_u \leq V_n \quad (3.17)$$

$$V_n = \sum V_{nt} \quad (3.18)$$

Untuk tee bawah dan atas :

$$\frac{\sqrt{6} + \mu}{v + \sqrt{3}} \leq 1.0 \quad (3.19)$$

$$V_{nt} = \frac{\sqrt{6} + \mu}{v + \sqrt{3}} \leq V_{pt} \quad (3.20)$$

$$V_{pt} = f_y \cdot t_w \cdot S_t / \sqrt{3} \quad (3.21)$$

Keterangan :

$V_{nt}$  = Kuat geser satu tee

$f_y$  = Kuat leleh baja

$a_0$  = Panjang lubang

$t_w$  = Tebal badan

$S_t$  = Tinggi tee

$V$  = Aspek rasio tee  $a_0 / S_t$

### 3.4.2 Kolom Concrete Filled Steel Tube

#### 1. Kontrol Penampang



Penampang tidak boleh termasuk dalam kategori penampang langsing :

Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{b}{2t_f} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.22)$$

2. **Kontrol Kekakuan Portal** (SNI 1729:2015 pasal 7.6.3.3)

$$G = \frac{\sum \left( \frac{I_c}{L_c} \right)}{\sum \left( \frac{I_b}{L_b} \right)} \quad (3.23)$$

3. **Amplikasi Momen Struktur Portal** (SNI 1729:2015 pasal 8.2)

$$M_r = B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt} \quad (3.24)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 \cdot P_{lt} \quad (3.25)$$

4. **Kontrol Tekuk-Lentur** (SNI 1729:2015 pasal E3)

$$\lambda = \frac{K_c \cdot L}{r} \quad (3.26)$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left( \frac{KL}{r} \right)^2} \quad (3.27)$$

$$\text{Bila } \lambda \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ atau } \frac{f_y}{F_e} \leq 2,25 \quad (3.28)$$

$$\text{Maka } F_{cr} = \left[ 0,658 \frac{f_y}{F_e} \right] \quad (3.29)$$

$$\text{Bila } \lambda > 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ atau } \frac{f_y}{F_e} > 2,25 \quad (3.30)$$

$$\text{Maka } F_{cr} = 0,877 F_e \quad (3.31)$$

5. **Kontrol Tekuk-Puntir** (SNI 1729:2015 pasal E4)

$$F_e = \left[ \frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y} \quad (3.32)$$

**6. Kontrol Gaya Aksial dan Momen Lentur (SNI 1729:2015 pasal F2)**

$$P_n = A_g \cdot F_{cr} \quad (3.33)$$

$$P_c = \phi P_n \quad (3.34)$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

Keterangan :

$M_u$  = Momen lentur rencana (N.mm)

$M_n$  = Kuat lentur nominal penampang (N.mm)

$\phi$  = Faktor reduksi (0.9)

Tekuk Torsi Lateral :

a. Bentang Pendek ( $L_b \leq L_p$ )

$$M_n = M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$L_p = 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.35)$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \quad (3.36)$$

$r_y$  = Jari-jari girasi terhadap sumbu lemah

Keadaan batas dari tekuk torsi-lateral tidak boleh digunakan

b. Bentang Menengah ( $L_p \leq L_b \leq L_r$ )

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7 S_x f_y) \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right] \leq M_p \quad (3.37)$$

c. Bentang Panjang ( $L_b > L_r$ )

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (3.38)$$

Persamaan interaksi aksial momen (SNI 1729:2015 pasal H1) :

a. Jika  $\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2$ , maka :

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.39)$$

b. Jika  $\frac{P_r}{P_c} < 0.2$ , maka :

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.40)$$

### 3.5 Perencanaan Sambungan

Perencanaan sambungan dilakukan baik menggunakan sambungan baut maupun sambungan las. Perencanaan sambungan ini antara lain meliputi sambungan balok anak – balok induk, balok induk – kolom, kolom - plat landasan. Pada struktur bangunan, perencanaan sambungan meliputi:

#### 1. Las Tumpul

Pada desain sambungan las tumpul, untuk menghitung kekuatan desain ( $\phi R_n$ ) diperjelas pada Tabel J2.5 SNI 1729-2015. Pada desain sambungan las sudut, untuk menghitung kekuatan desain ( $\phi R_n$ ) menurut Pasal J2.4 :

$$R_n = F_{nw} \cdot A_{we} \quad (\text{SNI 1729:2015 J2-4}) \quad (3.41)$$

Keterangan

$$\phi = 0.75$$

$$F_{nw} = 0.60 F_{EXX} (1.0 + 0.50 \sin^{1.5} \theta) \quad (\text{SNI 1729:2015 J2-5})$$

$F_{EXX}$  = Kekuatan klasifikasi logam pengisi, ksi (MPa).

$\theta$  = Sudut pembebanan yang diukur dari sumbu longitudinal las.

Ukuran minimum las sudut ditentukan dari tebal bagian paling tipis yang tersambung.



## 2. Sambungan Baut

- a. Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kekuatan geser dan tarik desain menggunakan rumus yang sama ( $\phi R_n$ ) menurut Pasal J3.6 :

$$R_n = F_n \cdot A_b \text{ (SNI 1729:2015 J3-1)} \quad (3.42)$$

Keterangan :

$$\phi = 0.75$$

$A_b$  = luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir, in.2 (mm<sup>2</sup>)

$F_n$  = tegangan tarik nominal,  $F_{nt}$ , atau tegangan geser,  $F_{nv}$  dari Tabel J3.2, ksi (MPa)

- b. Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kombinasi gaya tarik dan geser dalam sambungan tipe tumpuan menurut Pasal J3.7 :

$$R_n = F'_{nt} \cdot A_b \text{ (SNI 1729:2015 J3-2)} \quad (3.43)$$

Keterangan :

$$\phi = 0.75$$

$F'_{nt}$  = tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser, ksi (MPa)

$$F'_{nt} = 1.3F_{nt} - F_{nt}\phi F_{nv} / f_{rv} \leq F_{nt} \text{ (SNI 1729:2015 J3-3a)}$$

$F_{nt}$  = tegangan tarik nominal dari Tabel J3.2, ksi (MPa)

$F_{nv}$  = tegangan geser dari Tabel J3.2, ksi (MPa)

$f_{rv}$  = tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi beban, ksi (MPa)

Ukuran jarak tepi minimum baut ditentukan diameter baut pada Tabel J3.4M.

## 3.6 Perencanaan Pondasi

Pada modifikasi perencanaan gedung ini digunakan pondasi tiang pancang. Berikut merupakan klasifikasi data yang digunakan untuk perencanaan tiang pancang.

### 1. Tiang Pancang Tunggal

Perencanaan struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang. data tanah yang digunakan adalah hasil SPT. Daya dukung pada pondasi tiang pancang tunggal didapatkan dengan menjumlahkan dari tahananujung bawah ultimit ( $Q_p$ ) dan tanah gesek ultimate ( $Q_s$ ) antara dinding tiang dan tanah sekitarnya. Daya dukung dihitung berdasarkan persamaan Luciano Decourt.

$$a. \quad Q_L = Q_p + Q_s \quad (3.44)$$

Keterangan,

$Q_L$  = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

$Q_p$  = *Resistance ultimate* didasar pondasi

$Q_s$  = *Resistance ultimate* akibat lekatan lateral.

$$b. \quad Q_p = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p \quad (3.45)$$

dengan :

$N_p$  = Harga rata-rata SPT di sekitar 4B di atas hingga 4 B di bawah dasar tiang pondasi

$K$  = Koefisien karakteristik tanah

= 12 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lempung

= 20 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lanau berlempung

= 25 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lanau berpasir

= 40 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah pasir

$A_p$  = Luas penampang dasar tiang

$q_p$  = tegangan di ujung tiang

$$c. \quad Q_s = q_s \cdot A_s = (N_s/3 + 1) \cdot A_s \quad (3.46)$$

dimana :

$q_s$  = tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m<sup>2</sup>

$N_s$  = harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam,

dengan batasan :  $3 \leq N \leq 50$

$A_s$  = keliling x panjang tiang yang terbenam

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$Q_{ijin} \text{ 1 tiang} = \frac{Q_u}{SF} \quad (3.47)$$

## 2. Perencanaan Pondasi Tiang Grup

a. Perhitungan jarak tiang

untuk jarak as ke tepi pancang digunakan  $2,5D \leq S < 3D$   
 untuk jarak as ke tepi tiang pancang digunakan  $1,5D < S_1 < 2D$

b. Untuk menghitung koefisien efisiensi  $C_e$ , digunakan cara Converse – Labarre :

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\emptyset/s)}{90^\circ} \times \left( 2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \quad (3.48)$$

Dimana :

$\emptyset$  = diameter tiang pondasi

$S$  = jarak as ke as antar tiang dalam group

$m$  = jumlah baris tiang dalam group

$n$  = jumlah kolom tiang dalam group

Untuk selanjutnya, bila di atas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh kepala tiang (poer) beban-beban yang bekerja adalah beban vertikal, beban horizontal, dan Momen (M), maka besarnya beban vertikal ekuivalen  $P_v$  pada sebuah tiang adalah,

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_{maks}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_{maks}}{\sum y^2} \quad (3.49)$$

dimana :

$V$  = beban vertikal dari kolom

$n$  = banyaknya tiang dalam group

$M_x$  = momen terhadap sumbu x

$M_y$  = momen terhadap sumbu y

$x_{maks}$  = absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

$y_{maks}$  = ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

$\sum x^2$  = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap garis netral group

$\sum y^2$  = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis netral group

## 3. Daya Dukung Lateral tiang Pancang



Dalam menentukan daya dukung lateral tiang pancang terdapat dua jenis tiang diantara lain :

- a. Tiang dengan kepala tidak tertahan
- b. Tiang dengan kepala tertahan

Untuk setiap jenis tiang tersebut ditinjau terhadap dua keadaan jenis tanah yaitu :

- a. Jenis tanah kohesip
- b. Jenis tanah tidak kohesip

Cara perhitungan menganggap bahwa besaran-besaran tanah adalah sama sepanjang tiang. Perbedaan kecil dalam besaran tanah dapat diakomodasi dengan besaran rata-rata dari tanah. Mengingat ketahanan lateral ditentukan oleh lapisan permukaan sekitar kepala tiang, nilai rata-rata harus dipertimbangkan untuk mencerminkan hal tersebut.

### 3.7 Gambar Teknis

Gambar teknis merupakan tahapan akhir dari penyelesaian tugas akhir yang berfungsi sebagai output akhir dari analisis struktur yang telah dilakukan. Penggambaran akan dilakukan dengan menggunakan program bantu penggambaran.



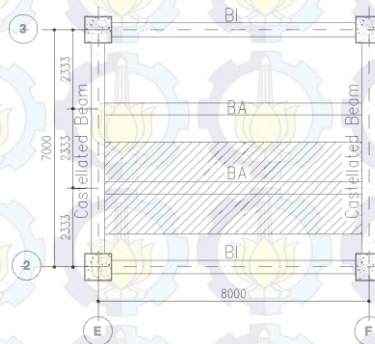
## BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

### 4.1 Perencanaan Pelat Lantai

Pada perencanaan lantai gedung ini menggunakan tabel perencanaan praktis dari PT. Lysaght Indonesia. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Direncanakan menggunakan satu baris penyangga selama pengerasan pelat beton
- Beban mati (berat sendiri bondek dan pelat beton) sudah diperhitungkan
- Berat berguna yang digunakan adalah jumlah beban hidup dan beban-beban finishing lainnya
- Bondek menggunakan tebal 0,75 mm

#### 4.1.1 Perencanaan Pelat Lantai Atap



**Gambar 4.1** Pelat Lantai Atap

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai atap menggunakan SNI 1727:2013 dan ASCE 2002.

1) Beban Mati (Tabel C3-1. ASCE 2002)

- Berat *water proofing* =  $5 \text{ kg/m}^2$
- Berat plafon =  $5 \text{ kg/m}^2$
- Berat penggantung =  $10 \text{ kg/m}^2$



$$\begin{aligned}
 - \text{ Berat ducting dan plumbing} &= \frac{19,1 \text{ kg/m}^2}{q_{\text{Dtotal}}} + \\
 &= 39,1 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

2) Beban Hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

$$\begin{aligned}
 - \text{ Lantai atap} &= q_{\text{Latap}} = 96 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

3) Beban Berguna

$$\begin{aligned}
 - Q_u &= q_D + q_L \\
 &= 39,1 + 96 \\
 &= 135,1/\text{m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2 \\
 &\text{(mengikuti brosur)}
 \end{aligned}$$

4) Data-data Perencanaan Pelat Bondex

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif dengan satu baris tanpa penyangga, maka didapatkan data-data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 - \text{ Bentang} &= 2,333 \text{ m} \approx 2,5 \text{ m} \\
 - \text{ Beban berguna} &= 200 \text{ kg/m}^2 \\
 - \text{ Tulangan negatif} &= 1,71 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 - \text{ Tebal pelat beton} &= 0,09 \text{ m} \\
 - \text{ Digunakan tulangan} &= \emptyset 8
 \end{aligned}$$

Maka, jumlah yang dibutuhkan setiap meter adalah:

$$\begin{aligned}
 - n &= \frac{\text{Luas yang dibutuhkan}}{\text{Luas tulangan dipasang}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - n &= \frac{1,71}{\frac{1}{4}\pi d^2} = \frac{1,71}{\frac{1}{4}\pi \cdot 0,8^2} = 3,4 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Jarak antar tulangan} &= \frac{1000}{4+1} = 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Tulangan susut suhu digunakan tulangan tulangan } \emptyset 8 \\
 (A_s = 0,503 \text{ cm}^2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= t_p - \text{selimut beton} - \frac{\phi_{\text{tul. utama}}}{2} \\
 &= 90 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{8 \text{ mm}}{2} = 66 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan besi tulangan fy 400 Mpa

$$\rho_{\min} = 0,0018 \left( \frac{420 \text{ mm}}{f_y} \right) = 0,0018 \left( \frac{420}{400} \right) = 0,00189$$

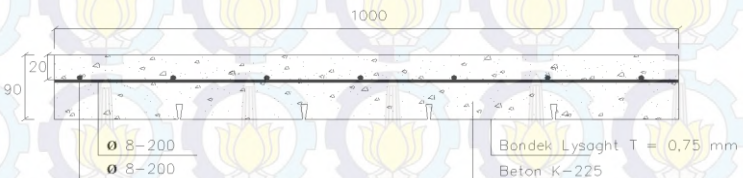
$$\text{Maka, } A_{s_{\min}} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0,00189 \times 1000 \times 66 \\ = 124,740 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap tinjauan 1 meter

$$n_{tul} = \frac{A_{s_{\min}}}{A_{s \text{ 1.tul}}} = \frac{124,740}{50,265} = 2,482 \text{ bh}$$

$$\text{Jarak antar tulangan } s = \frac{1000}{3-1} = 500 \approx 200$$

Maka, untuk pelat lantai atap ukuran 7m x 8m dipasang tulangan negatif  $\emptyset$  8-200 mm dan tulangan susut suhu  $\emptyset$  8-500 mm.

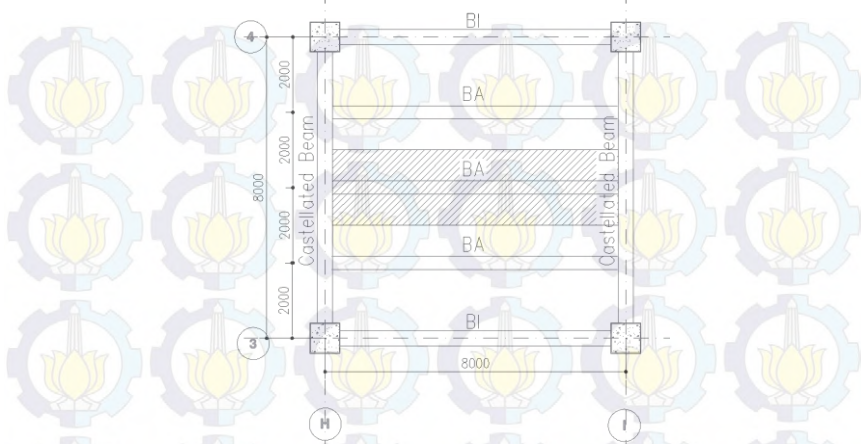


**Gambar 4.2** Penulangan Bondek Atap

**Tabel 4.1** Rekapitulasi Pelat Lantai Atap

No.	L (m)	P (m)	Jarak Balok Anak (m)	Jml. Konfigurasi yang Sama (bh)	Bentang digunakan (m)	Beban Berguna kg/m <sup>2</sup>	Tulangan Negatif cm <sup>2</sup> /m	Tebal Pelat Beton (m)	Tulangan dia. (cm)	Jumlah tulangan	Digunakan jumlah perimeter	Jarak Tulangan (mm)
1	7	8	2,33	3	2,5	200	1,71	0,09	0,8	3,40	4,00	200
2	8	8	2,00	1	2,00	200	1,07	0,09	0,8	2,13	3,00	250
3	7,5	8	2,5	3	2,50	200	1,71	0,09	0,8	3,40	4,00	200

### 4.1.2 Perencanaan Pelat Lantai Perkantoran



**Gambar 4.3** Pelat Lantai Perkantoran

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai perkantoran menggunakan SNI 1727:2013.

1) Beban Mati:

- Berat *water proofing*  $= 5 \text{ kg/m}^2$
  - Berat plafon  $= 5 \text{ kg/m}^2$
  - Berat penggantung  $= 10 \text{ kg/m}^2$
  - Berat keramik + spesi  $= 110 \text{ kg/m}^2$
  - Berat *ducting* dan *plumbing*  $= 19,1 \text{ kg/m}^2 +$
- $$q_{D\text{total}} = 149,1 \text{ kg/m}^2$$

2) Beban Hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

- Lantai perkantoran  $q_{L\text{lantai}} = 240 \text{ kg/m}^2$

3) Beban Berguna

- $Q_u = q_D + q_L$
- $= 149,1 + 240$
- $= 389,1 \text{ kg/m}^2 \approx 400 \text{ kg/m}^2$
- (mengikuti brosur)

4) Data-data Perencanaan Pelat Bondex



Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif dengan satu baris tanpa penyangga, maka didapatkan data-data sebagai berikut:

- Bentang = 2 m
- Beban berguna = 400 kg/m<sup>2</sup>
- Tulangan negatif = 1,55 cm<sup>2</sup>/m
- Tebal pelat beton = 0,09 m
- Digunakan tulangan = Ø 8

Maka, jumlah yang dibutuhkan setiap meter adalah:

- $n = \frac{\text{Luas yang dibutuhkan}}{\text{Luas tulangan dipasang}}$
- $n = \frac{1,55}{\frac{1}{4}\pi d^2} = \frac{1,55}{\frac{1}{4}\pi \cdot 0,8^2} = 3,08 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$
- Jarak antar tulangan =  $\frac{1000}{4+1} = 200 \text{ mm}$
- Tulangan susut suhu digunakan tulangan tulangan Ø 8 (As = 0,503 cm<sup>2</sup>)
- $d = t_p - \text{selimut beton} - \frac{\phi_{\text{tul. utama}}}{2}$
- $= 90 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{8 \text{ mm}}{2} = 66 \text{ mm}$

Digunakan besi tulangan fy 400 Mpa

$$\rho_{\min} = 0,0018 \left( \frac{420 \text{ mm}}{f_y} \right) = 0,0018 \left( \frac{420}{400} \right) = 0,00189$$

$$\text{Maka, } A_{s_{\min}} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0,00189 \times 1000 \times 66 = 124,740 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap tinjauan 1 meter

$$n_{\text{tul}} = \frac{A_{s_{\min}}}{A_{s \text{ 1.tul}}} = \frac{124,740}{50,265} = 2,482 \text{ bh}$$

$$\text{Jarak antar tulangan } s = \frac{1000}{3-1} = 500 \approx 200$$

Maka, untuk pelat lantai kantor ukuran 8m x 8m dipasang tulangan negatif Ø8-200 dan tulangan susut Ø8-200.

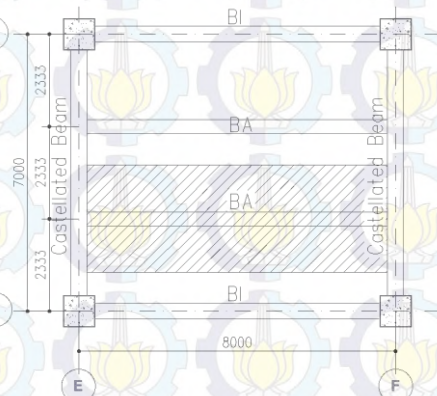


**Gambar 4.4** Penulangan Bondek Perkantoran

**Tabel 4.2** Rekapitulasi Pelat Lantai Kantor

No.	L(m)	P(m)	Jarak Balok Anak (m)	Jml. Konfigurasi yang Sama (Jah)	Bentang digunakan (m)	Beban Berguna kg/m <sup>2</sup>	Tulangan Negatif cm <sup>2</sup> /m	Tebal Pelat Beton (m)	Tulangan dia. (cm)	Jumlah tulangan	Digunakan jumlah perimeter	Jarak Tulangan (mm)
1	4	8	2	9	2	400	1,55	0,09	0,8	3,08	4,00	200
2	7	8	2,33	9	2,5	400	2,48	0,09	0,8	4,93	5,00	167
3	8	8	2,00	6	2	400	1,55	0,09	0,8	3,08	4,00	200
4	7,5	8	2,5	9	2,50	400	2,48	0,09	0,8	4,93	5,00	167

### 4.1.3 Perencanaan Pelat Lantai Parkir



**Gambar 4.5** Pelat Lantai Parkir

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai parkir menggunakan SNI 1727:2013.

1) Beban Mati:

- Berat *water proofing* =  $5 \text{ kg/m}^2$
- Berat plafon =  $5 \text{ kg/m}^2$
- Berat penggantung =  $10 \text{ kg/m}^2$
- Berat aspal blok =  $144 \text{ kg/m}^2$
- Berat *ducting* dan *plumbing* =  $19,1 \text{ kg/m}^2 +$
- $q_{D\text{total}} = 183,1 \text{ kg/m}^2$

2) Beban Hidup

- Lantai parkir  $q_{L\text{parkir}} = 400 \text{ kg/m}^2$

3) Beban Berguna

- $Q_u = q_D + q_L$
- $= 183,1 + 400$
- $= 583,1 \text{ kg/m}^2 \approx 600 \text{ kg/m}^2$
- (mengikuti brosur)

4) Data-data Perencanaan Pelat Bondex

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif dengan satu baris tanpa penyangga, maka didapatkan data-data sebagai berikut:

- Bentang =  $2,333 \text{ m} \approx 2,5 \text{ m}$
- Beban berguna =  $400 \text{ kg/m}^2$
- Tulangan negatif =  $3,25 \text{ cm}^2/\text{m}$
- Tebal pelat beton =  $0,09 \text{ m}$
- Tulangan digunakan =  $\emptyset 10$

Maka, jumlah yang dibutuhkan setiap meter adalah:

- $N = \frac{\text{Luas yang dibutuhkan}}{\text{Luas tulangan dipasang}}$
- $N = \frac{2,48}{\frac{1}{4}\pi d^2} = \frac{3,25}{\frac{1}{4}\pi \cdot 1^2} = 4,14 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$
- Jarak antar tulangan =  $\frac{1000}{5+1} = 166,7 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$



- Tulangan susut suhu digunakan tulangan tulangan  $\emptyset 8$  ( $A_s = 0,503 \text{ cm}^2$ )

$$d = t_p - \text{selimut beton} - \frac{\phi_{\text{tul. utama}}}{2}$$

$$= 90 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{8 \text{ mm}}{2} = 66 \text{ mm}$$

Digunakan besi tulangan  $f_y$  400 Mpa

$$\rho_{\min} = 0,0018 \left( \frac{420 \text{ mm}}{f_y} \right) = 0,0018 \left( \frac{420}{400} \right) = 0,00189$$

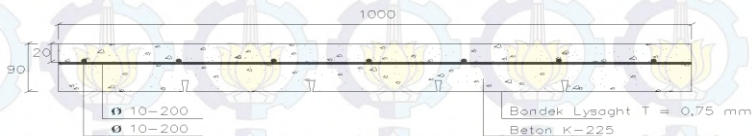
$$\text{Maka, } A_{s_{\min}} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0,00189 \times 1000 \times 66 = 124,740 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap tinjauan 1 meter

$$n_{\text{tul}} = \frac{A_{s_{\min}}}{A_{s \text{ 1.tul}}} = \frac{124,740}{50,265} = 2,482 \text{ bh}$$

$$\text{Jarak antar tulangan } s = \frac{1000}{3 - 1} = 500 \approx 200$$

Maka, untuk pelat lantai parkir ukuran 7m x 8m dipasang tulangan negatif  $\emptyset 10 - 200$  mm dan tulangan susut  $\emptyset 10 - 200$  mm .



**Gambar 4.6** Penulangan Bondek Lantai Parkir

**Tabel 4.3** Rekapitulasi Pelat Lantai Parkir 2-6

No.	L (m)	P (m)	Jarak Balok Anak (m)	Jml. Konfigurasi yang Sama (bat)	Bentang digunakan (m)	Beban Berguna kg/m <sup>2</sup>	Tulangan Negatif cm <sup>2</sup> /m	Tebal Pelat Beton (m)	Tulangan dia. (cm)	Jumlah tulangan	Digunakan jumlah per meter	Jarak Tulangan (mm)
1	4	8	2	9	2	600	1.55	0.09	1	1.97	2.00	333
2	7	8	2.33	9	2.5	600	2.48	0.09	1	3.16	4.00	200
3	8	8	2.00	4	2	600	1.55	0.09	1	1.97	2.00	333

**Tabel 4.4** Rekapitulasi Pelat Lantai Parkir 1A – 5A

No.	L (m)	P (m)	Jarak Balok Anak (m)	Jml. Konfigurasi yang Sama (bat)	Bentang digunakan (m)	Beban Berguna kg/m <sup>2</sup>	Tulangan Negatif cm <sup>2</sup> /m	Tebal Pelat Beton (m)	Tulangan dia. (cm)	Jumlah tulangan	Digunakan jumlah per meter	Jarak Tulangan (mm)
1	2	8	2	4	2	600	1.55	0.09	1	1.97	2.00	333
2	7.5	8	2.50	9	2.5	600	2.48	0.09	1	3.16	4.00	200

## 4.2 Perencanaan Balok Anak

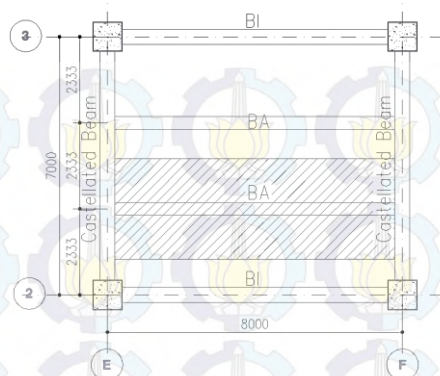
Balok anak berfungsi untuk membagi luasan agar tidak terlalu lebar sehingga masih mempunyai kekakuan yang lebih baik untuk memikul beban yang terjadi, posisinya berada menumpu diatas dua tumpuan sederhana. Pada modifikasi ini digunakan balok anak *castellated beam* karena bentang yang digunakan panjangnya lebih dari 6 m.

### 4.2.1 Perencanaan Balok Anak Lantai Atas

Balok anak lantai atas direncanakan menggunakan profil WF 200 x 200 x 8 x 12, dengan  $F_y$  250 Mpa (BJ 41), dengan data-data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 w &= 49,9 \text{ kg/m} \\
 d &= 200 \text{ mm} \\
 bf &= 200 \text{ mm} \\
 tw &= 8 \text{ mm} \\
 tf &= 12 \text{ mm} \\
 I_x &= 4720 \text{ cm}^4 \\
 I_y &= 1600 \text{ cm}^4 \\
 E &= 200000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 r &= 13 \text{ mm} \\
 Z_x &= 513 \text{ cm}^3 \\
 Z_y &= 243 \text{ cm}^3 \\
 i_x &= 8,62 \text{ cm} \\
 i_y &= 5,02 \text{ cm} \\
 h &= d - 2(tf + r) \\
 &= 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.7** Denah Pembebanan Balok Lantai Atap

1) Cek Penampang

- Pelat Sayap

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{b}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{200}{2 \times 12} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$8,33 \leq 10,75 \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Pelat Badan

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{150}{8} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$18,75 \leq 106,35 \text{ (Penampang Kompak)}$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

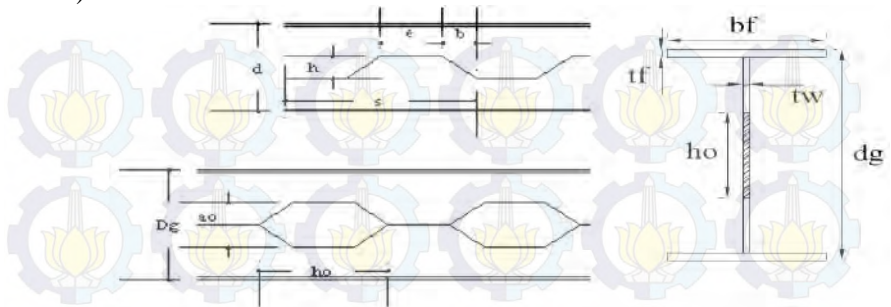
$$M_p = M_n = Z_x \times f_y = 513 \times 2500$$

$$= 1282500 \text{ kg.cm} = 12825 \text{ kg.m}$$

$$\Phi M_n = 0,9 \times M_n = 0,9 \times 1282500$$

$$= 1154250 \text{ kg.cm} = 11542,50 \text{ kg.m}$$



2) Profil *Castellated Beam***Gambar 4.8** Detail Potongan *Castellated Beam*

- $\Phi = 60^0$
- $\tan \Phi = 1,73$
- Dimensi profil *castellated beam*:
  - $K_1 = 1,25$
  - $h = d(K_1 - 1) = 200 \times (1,25 - 1) = 50 \text{ mm}$
  - $dg = d + h = 200 + 50 = 250 \text{ mm}$
  - $b = \frac{h}{\tan \phi} = \frac{50}{1,73} = 28,87 \text{ mm}$
  - $dT = st = \frac{dg - 2tf}{2} - h = \frac{250 - (2 \times 12)}{2} - 50 = 63 \text{ mm}$
  - $e = 2h = 2 \times 50 = 100 \text{ mm}$
  - $a_0 = 2b + e = 2 \times 28,87 + 100 = 157,74 \text{ mm}$
  - $h_0 = 2h = e = 100 \text{ mm}$

Maka, profil WF menjadi profil *castellated* 250×200×8×12 dengan data-data sebagai berikut:

$d$	$= 250 \text{ mm}$	$h_0$	$= 100 \text{ cm}^3$
$bf$	$= 200 \text{ mm}$	$a_0$	$= 157,4 \text{ cm}^3$
$tw$	$= 8 \text{ mm}$	$r$	$= 13 \text{ mm}$
$tf$	$= 12 \text{ mm}$		

a)  $I_x$  dan  $Z_x$  *Castellated* Tanpa Lubang

$$\begin{aligned}
 I_x &= \frac{1}{12} b \cdot d_g^3 - \left( 2 \times \frac{1}{12} \times \left( \frac{b - t_w}{2} \right) (d_g - 2t_f)^3 \right) \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 200 \cdot 250^3 - \left( 2 \times \frac{1}{12} \times \left( \frac{200 - 8}{2} \right) (250 - 2 \cdot 12)^3 \right) \\
 &= 75725851 \text{ mm}^4 = 7572,59 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \frac{t_w \times d^2}{4} + (b - t_w) \times (d - t_f) \times t_f \\
 &= \frac{8 \times 250^2}{4} + (200 - 8) \times (250 - 12) \times 12 \\
 &= 673352 \text{ mm}^3 = 673,35 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

b)  $I_x$  dan  $Z_x$  *Castellated* Lubang

$$\begin{aligned}
 I_x &= \frac{1}{12} b \cdot d_g^3 - \left( 2 \times \frac{1}{12} \times \left( \frac{b - t_w}{2} \right) (d_g - 2t_f)^3 \right) - \left( \frac{1}{12} \times t_w \times (d_g - 2t_f - 2h)^3 \right) \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 200 \cdot 250^3 - \left( 2 \times \frac{1}{12} \times \left( \frac{200 - 8}{2} \right) (250 - 2 \cdot 12)^3 \right) - \left( \frac{1}{12} \times 8 \times (250 - 2 \cdot 12 - 2 \cdot 200)^3 \right) \\
 &= 72213834,67 \text{ mm}^4 = 7221,38 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \left( \frac{1}{4} \times b \times d_g^2 \right) - \left( 2 \times \frac{1}{4} \times \left( \frac{b - t_w}{2} \right) \times (d_g - 2t_f)^2 \right) - \left( \frac{1}{4} \times t_w \times h_0^2 \right) \\
 &= \left( \frac{1}{4} \times 200 \times 250^2 \right) - \left( 2 \times \frac{1}{4} \times \left( \frac{200 - 8}{2} \right) \times (250 - 2 \cdot 12)^2 \right) - \left( \frac{1}{4} \times 8 \times 200^2 \right) \\
 &= 593352 \text{ mm}^3 = 593,35 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

### 3) Beban-bekan Yang Bekerja

a) Beban Mati

- Berat pelat bondek  $= 10,1 \text{ kg/m}^2$
- Berat sendiri pelat beton  $0,09 \times 2400 = 216 \text{ kg/m}^2$
- Berat *waterproofing*  $= 5 \text{ kg/m}^2$
- Berat plafon  $= 5 \text{ kg/m}^2$
- Berat penggantung  $= 10 \text{ kg/m}^2$
- Berat *ducting* dan *plumbing*  $= 19,1 \text{ kg/m}^2 +$
- $q_D = 265,2 \text{ kg/m}^2$
- $W_{\text{Profil}} = 49,9 \text{ kg/m}$
- $q_{D\text{Total}} = (q_D \times \text{panjang tributari}) + W_{\text{profil}}$

$$= (265,2 \text{ kg/m}^2 \times \frac{7\text{m}}{3}) + 72,4 \text{ kg/m}$$

$$= 688,70 \text{ kg/m}$$

b) Beban Hidup

$$q_{\text{Ltotal}} = \frac{7\text{m}}{3} \times 96 \text{ kg/m}^2 = 224 \text{ kg/m}$$

c) Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned} q_u &= (1,2 \times q_{\text{Dtotal}}) + (1,6 \times q_{\text{Ltotal}}) \\ &= (1,2 \times 688,70 \text{ kg/m}) + (1,6 \times 224 \text{ kg/m}) \\ &= 1160,84 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

4) Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok

a) Momen yang terjadi

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1160,84 \times 8^2 = 9286,72 \text{ kg.m}$$

b) Gaya geser yang terjadi

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 1160,84 \times 8 = 4643,36 \text{ kg}$$

5) Kontrol Kuat Momen Lentur

a) Kontrol pelat sayap (solid)

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{b}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{200}{2 \times 12} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$8,33 \leq 10,75 \text{ (Penampang Kompak)}$$

b) Kontrol pelat badan (solid)

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{250 - 2(12 + 8)}{8} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$25 \leq 106,35 \text{ (Penampang Kompak)}$$

c) Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$  (solid)

$$\begin{aligned} M_p = M_n &= Z_x \times F_y = 673,35 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 1683380 \text{ kg.cm} = 16833,80 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi M_n &= 0,9 \times M_n = 0,9 \times 1683380 \text{ kg.cm} \\ &= 1515042 \text{ kg.cm} = 15150,42 \text{ kg.m} \end{aligned}$$



Kontrol  $\Phi M_n \geq M_u$

$$1515042 \text{ kg.m} \geq 9286,72 \text{ kg.m (OK)}$$

d) Kontrol pelat badan ketika lubang

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{d_t}{t_w} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{63}{8} \leq \frac{170}{\sqrt{250}}$$

$7,88 \leq 10,75$  (Penampang Kompak)

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} = \frac{370}{\sqrt{250 - 70}} = 27,58$$

e) Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$  (Lubang)

$$M_n = M_p - f_y \times \Delta A_s \left( \frac{h_0}{4} + e \right)$$

$$M_p = Z_x \times F_y = 673,35 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 1683380 \text{ kg.cm} = 16833,80 \text{ kg.m}$$

$$\Delta A_s = h_0 \times t_w = 10 \times 0,8 = 8 \text{ cm}^2$$

$$M_n = M_p - f_y \times \Delta A_s \left( \frac{h_0}{4} + e \right)$$

$$= 1683380 - 2500 \times 8 \times \left( \frac{10}{4} + 0 \right)$$

$$= 1633380 \text{ kg.cm}$$

$$\Phi M_n = 0,9 \times M_n = 0,9 \times 1633380 \text{ kg.cm}$$

$$= 1470042 \text{ kg.cm} = 14700,42 \text{ kg.m}$$

Kontrol  $\Phi M_n \geq M_u$

$$14700,42 \text{ kg.m} \geq 9286,72 \text{ kg.m (OK)}$$

6) Kontrol Kuat Geser

Syarat ASCE 3.2 hal 3326-3327

$$\frac{d_g - 2t_f}{t_w} \leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{250 - 2.12}{8} \leq \frac{1365}{\sqrt{250}} \rightarrow 28,25 \leq 86,33 \text{ (OK)}$$

$$\frac{d_g - 2t_f}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{250 - 2.12}{8} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}} \rightarrow 28,25 \leq 69,57 \text{ (OK)}$$

Maka pelat badan termasuk plastis.

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

7) Kontrol Kuat Geser

$$\frac{a_0}{h_0} = \frac{157,74}{100} = 1,58 \leq 3,00 \text{ (OK)}$$

$$P_0 = \frac{a_0}{h_0} + \frac{6h_0}{d} = \frac{157,74}{100} + \frac{6 \times 100}{250} = 3,98 \leq 5,60 \text{ (OK)}$$

$$V_p = f_y \times t_w \times \frac{d}{\sqrt{3}} = 2500 \times 0,8 \times \frac{25}{\sqrt{3}} = 28867,51 \text{ kg}$$

Untuk tee atas dan tee bawah

$$V_{nt} \leq V_{pt}$$

$$V_{pt} = 2500 \times 0,8 \times \frac{6,3}{\sqrt{3}} = 7274,61 \text{ kg}$$

$$\mu = 0$$

$$V = \frac{a_0}{d_T} = \frac{157,74}{63} = 2,5$$

$$\frac{\sqrt{6} + \mu}{v + \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{6} + 0}{2,5 + \sqrt{3}} = 0,58 \leq 1,00 \text{ (OK)}$$

$$V_{nt} = \frac{\sqrt{6} + \mu}{v + \sqrt{3}} \times V_{pt} = \frac{\sqrt{6} + 0}{2,5 + \sqrt{3}} \times 7274,61$$

$$= 4206,80 \leq 7274,61 \text{ (OK)}$$

$$V_n = \Sigma V_{nt} = 2 \times V_{nt} = 2 \times 4206,80 = 8413,60 \text{ kg}$$

$$\Phi V_n = 0,9 \times V_n = 0,9 \times 8413,60 = 7572,24 \text{ kg}$$

$$\text{Kontrol, } \Phi V_n \geq V_u = 7572,24 \text{ kg} \geq 4643,36 \text{ kg (OK)}$$

8) Persamaan Interaksi

$$\left( \frac{M_u}{\Phi M_n} \right)^3 \times \left( \frac{V_u}{\Phi V_n} \right)^3 \leq 1,0$$

$$\left( \frac{9286,72}{13350,42} \right)^3 \times \left( \frac{4643,36}{7572,24} \right)^3 \leq 1,0$$

$$0,57 \leq 1,00 \text{ (OK)}$$

## 9) Kontrol Jarak Antar Lubang

$$S = 2(b+e) = 2 \times (28,97 + 100) = 257,74 \text{ mm} = 25,77 \text{ cm}$$

$$S \geq h_0 = 257,74 \text{ mm} \geq 100 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$S \geq a_0 = 257,74 \text{ mm} \geq 157,74 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$S \geq a_0 \left( \frac{\frac{V_u}{\phi V_p}}{1 - \frac{V_u}{\phi V_p}} \right)$$

$$257,74 \geq 157,74 \times \left( \frac{\frac{4643,36}{0,9 \times 28867,51}}{1 - \frac{4643,36}{0,9 \times 28867,51}} \right)$$

$$257,74 \text{ mm} \geq 34,33 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

## 10) Kontrol Lendutan

$$f \text{ ijin} = \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2,22 \text{ cm}$$

$$f \text{ terjadi} = \frac{5}{384} \times \frac{q_d + q_L \times L^4}{E \times I_x} =$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{0,687 + 0,224 \times 800^4}{2000000 \times \left( \frac{7572,59 + 7221,38}{2} \right)}$$

$$= 0,32 \text{ cm}$$

$$f \text{ terjadi} \leq f \text{ ijin} = 0,32 \text{ cm} \leq 2,22 \text{ cm} \text{ (OK)}$$

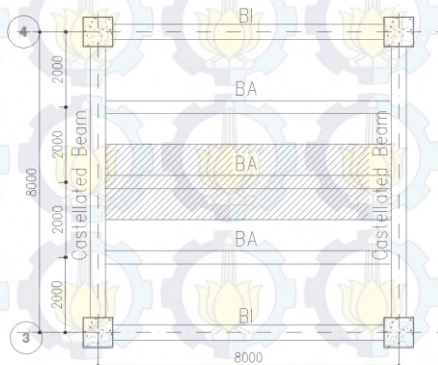
Jadi Profil *Castellated Beam* 250 × 200 x 8 x 12 dapat digunakan sebagai balok anak lantai atap.



#### 4.2.2 Perencanaan Balok Anak Lantai Kantor

Balok anak lantai kantor direncanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dengan  $F_y$  250 Mpa (BJ 41), dengan data-data sebagai berikut:

$w$	$= 56,8$	kg/m	$r$	$= 18$	mm
$d$	$= 294$	mm	$Z_x$	$= 823$	cm <sup>3</sup>
$b_f$	$= 200$	mm	$Z_y$	$= 244$	cm <sup>3</sup>
$t_w$	$= 8$	mm	$i_x$	$= 12,5$	cm
$t_f$	$= 12$	mm	$i_y$	$= 4,71$	cm
$I_x$	$= 11300$	cm <sup>4</sup>	$h$	$= d - 2(t_f + r)$	
$I_y$	$= 1600$	cm <sup>4</sup>		$= 234$	mm
$E$	$= 200000$				



**Gambar 4.9** Denah Pembebanan Balok Lantai Kantor

- 1) Cek Penampang Pelat Sayap

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{b}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{200}{2 \times 12} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

8,33 ≤ 10,75 (Penampang Kompak)

- Pelat Badan

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{234}{8} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

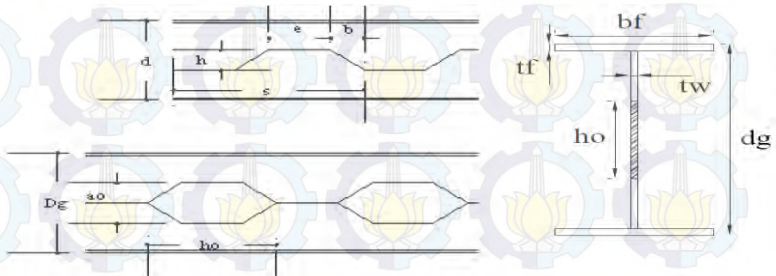
29,25 ≤ 106,35 (Penampang Kompak)

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p = M_n &= Z_x \times f_y = 823 \times 2500 \\ &= 2057500 \text{ kg.cm} = 20575 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi M_n &= 0,9 \times M_n = 0,9 \times 2057500 \\ &= 1851750 \text{ kg.cm} = 18517,50 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

## 2) Profil *Castellated Beam*



**Gambar 4.10** Detail Potongan *Castellated Beam*

-  $\Phi = 60^\circ$

-  $\tan \Phi = 1,73$

Dimensi profil *castellated beam*:

-  $K_1 = 1,25$

-  $h = d(K_1 - 1) = 294 \times (1,25 - 1) = 73,5 \text{ mm}$

-  $dg = d + h = 294 + 73,5 = 367,50 \text{ mm} \approx 368 \text{ mm}$

-  $b = \frac{h}{\tan \phi} = \frac{73,5}{1,73} = 42,44 \text{ mm}$

-  $dT = st = \frac{dg - 2tf}{2} - h = \frac{368 - (2 \times 12)}{2} - 73,50$   
 $= 98,50 \text{ mm}$

- $e = 2h = 2 \times 73,5 = 147 \text{ mm}$
- $a_0 = 2b + e = 2 \times 42,44 + 147 = 231,87 \text{ mm}$
- $h_0 = 2h = e = 147 \text{ mm}$

Maka, profil WF menjadi profil *castellated* 368×200×8×12 dengan data-data sebagai berikut:

$d = 368 \text{ mm}$	$h_0 = 147 \text{ cm}^3$
$bf = 200 \text{ mm}$	$a_0 = 231,87 \text{ cm}^3$
$tw = 8 \text{ mm}$	$r = 18 \text{ mm}$
$tf = 12 \text{ mm}$	

a)  $I_x$  dan  $Z_x$  *Castellated* Tanpa Lubang

$$\begin{aligned}
 I_x &= \frac{1}{12} b \cdot d_g^3 - \left( 2 \times \frac{1}{12} \times \left( \frac{b - t_w}{2} \right) (d_g - 2t_f)^3 \right) \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 200 \cdot 368^3 - \left( 2 \times \frac{1}{12} \times \left( \frac{200 - 8}{2} \right) (368 - 2 \cdot 12)^3 \right) \\
 &= 179279189 \text{ mm}^4 = 17927,92 \text{ cm}^4 \\
 Z_x &= \frac{t_w \times d^2}{4} + (b - t_w) \times (d - t_f) \times t_f \\
 &= \frac{8 \times 368^2}{4} + (200 - 8) \times (368 - 12) \times 12 \\
 &= 1091072 \text{ mm}^3 = 1091,07 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

b)  $I_x$  dan  $Z_x$  *Castellated* Lubang

$$\begin{aligned}
 I_x &= \frac{1}{12} b \cdot d_g^3 - \left( 2 \times \frac{1}{12} \times \left( \frac{b - t_w}{2} \right) (d_g - 2t_f)^3 \right) - \left( \frac{1}{12} \times t_w \times (d_g - 2t_f - 2h)^3 \right) \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 200 \cdot 368^3 - \left( 2 \times \frac{1}{12} \times \left( \frac{200 - 8}{2} \right) (368 - 2 \cdot 12)^3 \right) - \left( \frac{1}{12} \times 8 \times (368 - 2 \cdot 12 - 2 \cdot 200)^3 \right) \\
 &= 179162112 \text{ mm}^4 = 17916,21 \text{ cm}^4 \\
 Z_x &= \left( \frac{1}{4} \times b \times d_g^2 \right) - \left( 2 \times \frac{1}{4} \times \left( \frac{b_f - t_w}{2} \right) \times (d_g - 2t_f)^2 \right) - \left( \frac{1}{4} \times t_w \times h_0^2 \right) \\
 &= \left( \frac{1}{4} \times 200 \times 368^2 \right) - \left( 2 \times \frac{1}{4} \times \left( \frac{200 - 8}{2} \right) \times (368 - 2 \cdot 12)^2 \right) - \left( \frac{1}{4} \times 8 \times 200^2 \right) \\
 &= 1011072 \text{ mm}^3 = 1011,07 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

3) Beban-beban Yang Bekerja

a) Beban Mati



- Berat pelat bondek	= 10,1	kg/m <sup>2</sup>
- Berat sendiri pelat beton 0,09x2400	= 216	kg/m <sup>2</sup>
- Berat <i>waterproofing</i>	= 5	kg/m <sup>2</sup>
- Berat plafon	= 5	kg/m <sup>2</sup>
- Berat penggantung	= 10	kg/m <sup>2</sup>
- Berat <i>ducting</i> dan <i>plumbing</i>	= 19,1	kg/m <sup>2</sup>
- Berat dinding partisi	= 72	kg/m <sup>2</sup>
- Berat keramik + spesi	= 110	kg/m <sup>2</sup> +
	$q_D$	= 447,2 kg/m <sup>2</sup>

$$- W_{\text{Profil}} = 56,8 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 - q_{D\text{total}} &= (q_D \times \text{panjang tributari}) + W_{\text{profil}} \\
 &= (447,2 \text{ kg/m}^2 \times \frac{8\text{m}}{4}) + 56,8 \text{ kg/m} \\
 &= 951,20 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b) Beban Hidup

$$q_{L\text{total}} = \frac{8\text{m}}{4} \times 240 \text{ kg/m}^2 = 480 \text{ kg/m}$$

c) Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned}
 q_u &= (1,2 \times q_{D\text{total}}) + (1,6 \times q_{L\text{total}}) \\
 &= (1,2 \times 951,20 \text{ kg/m}) + (1,6 \times 480 \text{ kg/m}) \\
 &= 1909,44 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

4) Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok

a) Momen yang terjadi

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1909,44 \times 8^2 = 15275,52 \text{ kg.m}$$

b) Gaya geser yang terjadi

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 1909,44 \times 8 = 7637,76 \text{ kg}$$

5) Kontrol Kuat Momen Lentur

a) Kontrol pelat sayap (solid)

$$\lambda \leq \lambda_p \Rightarrow \frac{b}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \Rightarrow \frac{200}{2 \times 12} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

→  $8,33 \leq 10,75$  (Penampang Kompak)

b) Kontrol pelat badan (solid)

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{tw} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{368 - 2(12 + 8)}{8} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$38,5 \leq 106,35$  (Penampang Kompak)

c) Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$  (solid)

$$M_p = M_n = Z_x \times F_y = 1091,07 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 2727680 \text{ kg.cm} = 27276,80 \text{ kg.m}$$

$$\Phi M_n = 0,9 \times M_n = 0,9 \times 2727680 \text{ kg.cm}$$

$$= 2454912 \text{ kg.cm} = 24549,12 \text{ kg.m}$$

Kontrol  $\Phi M_n \geq M_u$

$$24549,12 \text{ kg.m} \geq 15275,52 \text{ kg.m} \text{ (OK)}$$

d) Kontrol pelat badan ketika lubang

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{d_T}{tw} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{98,5}{8} \leq \frac{170}{\sqrt{250}}$$

→  $12,31 \leq 10,75$  (Penampang Tidak Kompak)

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} = \frac{370}{\sqrt{250 - 70}} = 27,58$$

e) Karena penampang tidak kompak, maka

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p}$$

$$M_r = S_x (f_y - f_r) = \frac{1011,07}{1,5} \times (2500 - 700) = 1213286 \text{ kg.cm}$$

$$M_p = Z_x \times F_y = 1011,07 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 2527680 \text{ kg.cm} = 25276,80 \text{ kg.m}$$

$$\Phi M_n = 0,9 \times M_n = 0,9 \times 2527680 \text{ kg.cm}$$

$$= 2165185,63 \text{ kg.cm} = 21651,86 \text{ kg.m}$$

Kontrol

$$\Phi M_n \geq M_u \rightarrow 21651,86 \text{ kg.m} \geq 15275,52 \text{ kg.m} \rightarrow \text{OK.}$$

6) Kontrol Kuat Geser

Syarat ASCE 3.2 hal 3326-3327

$$\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{368-2.12}{8} \leq \frac{1365}{\sqrt{250}} \rightarrow 43 \leq 86,33 \text{ (OK)}$$

$$\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{368-2.12}{8} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}} \rightarrow 43 \leq 69,57 \text{ (OK)}$$

Maka pelat badan termasuk plastis.

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

7) Kontrol Kuat Geser

$$\frac{a_0}{h_0} = \frac{231,87}{147} = 1,58 \leq 3,00 \text{ (OK)}$$

$$P_0 = \frac{a_0}{h_0} + \frac{6h_0}{d} = \frac{231,87}{147} + \frac{6 \times 147}{368} = 3,97 \leq 5,60 \text{ (OK)}$$

Nilai 5,6 untuk balok non komposit

$$V_p = f_y \times tw \times \frac{d}{\sqrt{3}} = 2500 \times 0,8 \times \frac{36,8}{\sqrt{3}} = 42492,98 \text{ kg}$$

Untuk tee atas dan tee bawah

$$V_{nt} \leq V_{pt}$$

$$V_{pt} = 2500 \times 0,8 \times \frac{9,85}{\sqrt{3}} = 11373,80 \text{ kg}$$

$$\mu = 0$$

$$V = \frac{a_0}{d_r} = \frac{231,87}{98,5} = 2,35$$

$$\frac{\sqrt{6}+\mu}{v+\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{6}+0}{2,35+\sqrt{3}} = 0,6 \leq 1,00 \text{ (OK)}$$

$$V_{nt} = \frac{\sqrt{6}+\mu}{v+\sqrt{3}} \times V_{pt} = \frac{\sqrt{6}+0}{2,35+\sqrt{3}} \times 11373,80$$

$$= 6818,30 \text{ kg} \leq 11373,80 \text{ kg (OK)}$$

$$V_n = \Sigma V_{nt} = 2 \times V_{nt} = 2 \times 6818,30 = 13636,59 \text{ kg}$$

$$\Phi V_n = 0,9 \times V_n = 0,9 \times 13636,59 = 12272,93 \text{ kg}$$

$$\text{Kontrol, } \Phi V_n \geq V_u = 12272,93 \text{ kg} \geq 7637,76 \text{ kg (OK)}$$



## 8) Persamaan Interaksi

$$\left(\frac{M_u}{\Phi M_n}\right)^3 \times \left(\frac{V_u}{\Phi V_n}\right)^3 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{15275,52}{21651,86}\right)^3 \times \left(\frac{7637,76}{12272,93}\right)^3 \leq 1,0$$

$$0,59 \leq 1,00 \text{ (OK)}$$

## 9) Kontrol Jarak Antar Lubang

$$S = 2(b+e) = 2 \times (42,44 + 147) = 378,87 \text{ mm} = 37,89 \text{ cm}$$

$$S \geq h_0 = 378,87 \text{ mm} \geq 147 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$S \geq a_0 = 378,87 \text{ mm} \geq 231,87 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$S \geq a_0 \left( \frac{\frac{V_u}{\phi V_p}}{1 - \frac{V_u}{\phi V_p}} \right)$$

$$378,87 \geq 231,87 \times \left( \frac{\frac{7637}{0,9 \times 42492,98}}{1 - \frac{7637}{0,9 \times 42492,98}} \right)$$

$$378,87 \text{ mm} \geq 57,86 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

## 10) Kontrol Lendutan

$$f \text{ ijin} = \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2,22 \text{ cm}$$

$$f \text{ terjadi} = \frac{5}{384} \times \frac{q_d + q_L \times L^4}{E \times I_x}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{0,9512 + 0,48 \times 800^4}{2000000 \times \left( \frac{17927,92 + 17916,21}{2} \right)}$$

$$= 0,21 \text{ cm}$$

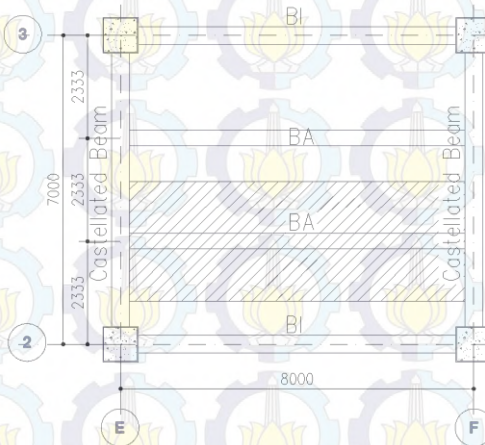
$$f \text{ terjadi} \leq f \text{ ijin} = 0,21 \text{ cm} \leq 2,22 \text{ cm (OK)}$$

Jadi Profil *Castellated Beam* 368 x 200 x 8 x 12 dapat digunakan sebagai balok anak lantai kantor.

#### 4.2.3 Perencanaan Balok Anak Lantai Parkir

Balok anak lantai parkir direncanakan menggunakan profil WF 400 x 200 x 8 x 13, dengan  $F_y$  250 Mpa (BJ 41), dengan data-data sebagai berikut:

$w$	$= 66 \text{ kg/m}$	$r$	$= 16 \text{ mm}$
$d$	$= 400 \text{ mm}$	$Z_x$	$= 1286 \text{ cm}^3$
$bf$	$= 200 \text{ mm}$	$Z_y$	$= 266 \text{ cm}^3$
$tw$	$= 8 \text{ mm}$	$i_x$	$= 16,8 \text{ cm}$
$tf$	$= 13 \text{ mm}$	$i_y$	$= 4,54 \text{ cm}$
$I_x$	$= 23700 \text{ cm}^4$	$h$	$= d - 2(tf + r)$
$I_y$	$= 1740 \text{ cm}^4$		$= 342 \text{ mm}$
$E$	$= 200000$		



**Gambar 4.11** Denah Pembebanan Balok Lantai Parkir

## 1) Cek Penampang

- Pelat Sayap

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{b}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{200}{2 \times 13} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$7,69 \leq 10,75 \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Pelat Badan

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{342}{8} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$42,75 \leq 106,35 \text{ (Penampang Kompak)}$$

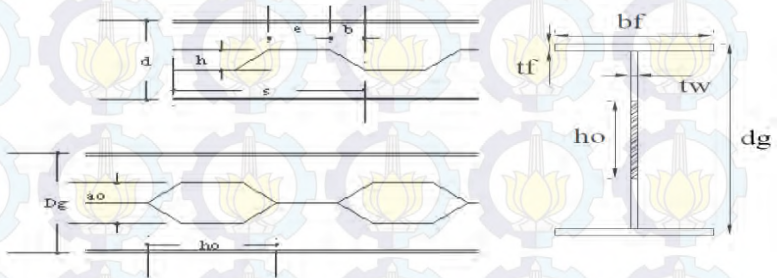
Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_p = M_n = Z_x \times f_y = 1286 \times 2500$$

$$= 3215000 \text{ kg.cm} = 32150 \text{ kg.m}$$

$$\Phi M_n = 0,9 \times M_n = 0,9 \times 3215000$$

$$= 2893500 \text{ kg.cm} = 28935 \text{ kg.m}$$

2) Profil *Castellated Beam*

**Gambar 4.12** Detail Potongan *Castellated Beam*

$$\Phi = 60^\circ$$

$$\tan \Phi = 1,73$$

Dimensi profil *castellated beam*:

$$K_1 = 1,25$$

$$h = d(K_1 - 1) = 400 \times (1,25 - 1) = 100 \text{ mm}$$

$$d_g = d + h = 400 + 100 = 500 \text{ mm}$$



$$- \quad b = \frac{h}{\operatorname{tg} \phi} = \frac{100}{1,73} = 57,74 \text{ mm}$$

$$- \quad dT = st = \frac{dg - 2tf}{2} - h = \frac{500 - (2 \times 13)}{2} - 100 = 137 \text{ mm}$$

$$- \quad e = 2h = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$$

$$- \quad a_0 = 2b + e = 2 \times 57,74 + 200 = 315,47 \text{ mm}$$

$$- \quad h_0 = 2h = e = 200 \text{ mm}$$

Maka, profil WF menjadi profil *castellated*

500×200×8×13 dengan data-data sebagai berikut:

$$\begin{array}{ll} d = 500 \text{ mm} & h_0 = 200 \text{ mm} \\ bf = 200 \text{ mm} & a_0 = 315,47 \text{ mm} \\ tw = 8 \text{ mm} & r = 16 \text{ mm} \\ tf = 13 \text{ mm} & \end{array}$$

a)  $I_x$  dan  $Z_x$  *Castellated* Tanpa Lubang

$$I_x = \frac{1}{12} b \cdot d_g^3 - \left( 2 \times \frac{1}{12} \times \left( \frac{b - t_w}{2} \right) (d_g - 2t_f)^3 \right)$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 200 \cdot 500^3 - \left( 2 \times \frac{1}{12} \times \left( \frac{200 - 8}{2} \right) (500 - 2 \cdot 13)^3 \right)$$

$$= 379390549 \text{ mm}^4 = 37939,05 \text{ cm}^4$$

$$Z_x = \frac{t_w \times d^2}{4} + (b - t_w) \times (d - t_f) \times t_f$$

$$= \frac{8 \times 500^2}{4} + (200 - 8) \times (500 - 13) \times 13$$

$$= 1715552 \text{ mm}^3 = 1715,55 \text{ cm}^3$$

b)  $I_x$  dan  $Z_x$  *Castellated* Lubang

$$I_x = \frac{1}{12} b \cdot d_g^3 - \left( 2 \times \frac{1}{12} \times \left( \frac{b - t_w}{2} \right) (d_g - 2t_f)^3 \right) - \left( \frac{1}{12} \times t_w \times (d_g - 2t_f - 2h)^3 \right)$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 200 \cdot 500^3 - \left( 2 \times \frac{1}{12} \times \left( \frac{200 - 8}{2} \right) (500 - 2 \cdot 13)^3 \right) - \left( \frac{1}{12} \times 8 \times (500 - 2 \cdot 13 - 2 \cdot 200)^3 \right)$$

$$= 379120400 \text{ mm}^4 = 37912,04 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned}
 Zx &= \left( \frac{1}{4} \times b \times d_g^2 \right) - \left( 2 \times \frac{1}{4} \times \left( \frac{b_f - t_w}{2} \right) \times (d_g - 2t_f)^2 \right) - \left( \frac{1}{4} \times t_w \times h_0^2 \right) \\
 &= \left( \frac{1}{4} \times 200 \times 500^2 \right) - \left( 2 \times \frac{1}{4} \times \left( \frac{200-8}{2} \right) \times (500-2 \cdot 13)^2 \right) - \left( \frac{1}{4} \times 8 \times 200^2 \right) \\
 &= 1635552 \text{ mm}^3 = 1635,55 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

### 3) Beban-bekan Yang Bekerja

#### a) Beban Mati

- Berat pelat bondek = 10,1 kg/m<sup>2</sup>
- Berat sendiri pelat beton 0,09x2400 = 216 kg/m<sup>2</sup>
- Berat *waterproofing* = 5 kg/m<sup>2</sup>
- Berat plafon = 5 kg/m<sup>2</sup>
- Berat penggantung = 10 kg/m<sup>2</sup>
- Berat *ducting* dan *plumbing* = 19,1 kg/m<sup>2</sup>
- Berat aspal blok = 144 kg/m<sup>2</sup> +

$$q_D = 409,2 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{Profil}} = 66 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 q_{D\text{total}} &= (q_D \times \text{panjang tributari}) + W_{\text{profil}} \\
 &= (409,2 \text{ kg/m}^2 \times \frac{7\text{m}}{3}) + 66 \text{ kg/m} \\
 &= 1020,80 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

#### d) Beban Hidup

$$q_{L\text{total}} = \frac{7\text{m}}{3} \times 400 \text{ kg/m}^2 = 933,33 \text{ kg/m}$$

#### e) Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned}
 q_u &= (1,2 \times q_{D\text{total}}) + (1,6 \times q_{L\text{total}}) \\
 &= (1,2 \times 1020,80 \text{ kg/m}) + (1,6 \times 933,33 \text{ kg/m}) \\
 &= 2718,29 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

### 4) Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok

#### a) Momen yang terjadi

$$Mu = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 2718,29 \times 8^2 = 21746,35 \text{ kg.m}$$

#### b) Gaya geser yang terjadi

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 2718,29 \times 8 = 10873,17 \text{ kg}$$

5) Kontrol Kuat Momen Lentur

a) Kontrol pelat sayap (solid)

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{b}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{200}{2 \times 13} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$\rightarrow 7,69 \leq 10,75 \text{ (Penampang Kompak)}$$

b) Kontrol pelat badan (solid)

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{500 - 2(13 + 8)}{8} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$\rightarrow 55,25 \leq 106,35 \text{ (Penampang Kompak)}$$

c) Karena penampang kompak, maka (solid)

$$M_n = M_p - f_y \times \Delta A_s \left( \frac{h_0}{4} + e \right)$$

$$M_p = Z_x \times F_y = 1715,55 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 4288880 \text{ kg.cm} = 42888,80 \text{ kg.m}$$

$$\Delta A_s = h_0 \times t_w = 20 \times 0,8 = 16 \text{ cm}^2$$

$$M_n = M_p - f_y \times \Delta A_s \left( \frac{h_0}{4} + e \right)$$

$$= 4288880 - 2500 \times 16 \times \left( \frac{20}{4} + 0 \right)$$

$$= 4088880 \text{ kg.cm}$$

$$\Phi M_n = 0,9 \times M_n = 0,9 \times 4088880 \text{ kg.cm}$$

$$= 3679992 \text{ kg.cm} = 36799,92 \text{ kg.m}$$

Kontrol  $\Phi M_n \geq M_u$

$$36799,92 \text{ kg.m} \geq 21746,35 \text{ kg.m (OK)}$$

d) Kontrol pelat badan ketika lubang

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{d_T}{t_w} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{137}{8} \leq \frac{170}{\sqrt{250}}$$

$$\rightarrow 17,13 \leq 10,75 \text{ (Penampang Tidak Kompak)}$$



$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} = \frac{370}{\sqrt{250 - 70}} = 27,58$$

e) Karena penampang tidak kompak, maka

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p}$$

$$M_r = S_x (f_y - f_r) = \frac{1635,55}{1,5} \times (2500 - 700) = 1962662 \text{ kg.cm}$$

$$M_p = Z_x \times F_y = 1635,55 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 4088880 \text{ kg.cm} = 40888,80 \text{ kg.m}$$

$$\Phi M_n = 0,9 \times M_n = 0,9 \times 4088880 \text{ kg.cm}$$

$$= 2955185,55 \text{ kg.cm} = 29551,90 \text{ kg.m}$$

f) Kontrol

$$\Phi M_n \geq M_u \rightarrow 29551,90 \text{ kg.m} \geq 21746,35 \text{ kg.m} \rightarrow \text{OK.}$$

6) Kontrol Kuat Geser

Syarat ASCE 3.2 hal 3326-3327

$$\frac{dg - 2t_f}{t_w} \leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{500 - 2.13}{8} \leq \frac{1365}{\sqrt{250}} \rightarrow 59,25 \leq 86,33$$

(OK)

$$\frac{dg - 2t_f}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{500 - 2.13}{8} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}} \rightarrow 59,25 \leq 69,57$$

(OK)

Maka pelat badan termasuk plastis.

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

7) Kontrol Kuat Geser

$$\frac{a_0}{h_0} = \frac{315,47}{200} = 1,58 \leq 3,00 \text{ (OK)}$$

$$P_0 = \frac{a_0}{h_0} + \frac{6h_0}{d} = \frac{315,47}{200} + \frac{6 \times 200}{500} = 3,98 \leq 5,60 \text{ (OK)}$$

Nilai 5,6 untuk balok non komposit

$$V_p = f_y \times t_w \times \frac{d}{\sqrt{3}} = 2500 \times 0,8 \times \frac{50}{\sqrt{3}} = 57735,03 \text{ kg}$$

Untuk tee atas dan tee bawah

$$V_{nt} \leq V_{pt}$$

$$V_{pt} = 2500 \times 0,8 \times \frac{13,7}{\sqrt{3}} = 15819,40 \text{ kg}$$

$$\mu = 0$$

$$V = \frac{a_0}{d_T} = \frac{315,47}{137} = 2,30$$

$$\frac{\sqrt{6} + \mu}{v + \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{6} + 0}{2,30 + \sqrt{3}} = 0,61 \leq 1,00 \text{ (OK)}$$

$$V_{nt} = \frac{\sqrt{6} + \mu}{v + \sqrt{3}} \times V_{pt} = \frac{\sqrt{6} + 0}{2,30 + \sqrt{3}} \times 15819,40$$

$$= 9603,92 \text{ kg} \leq 15819,40 \text{ kg (OK)}$$

$$V_n = \Sigma V_{nt} = 2 \times V_{nt} = 2 \times 9603,92 = 19207,85 \text{ kg}$$

$$\Phi V_n = 0,9 \times V_n = 0,9 \times 19207,85 = 17287,06 \text{ kg}$$

$$\text{Kontrol, } \Phi V_n \geq V_u = 17287,06 \text{ kg} \geq 10873,17 \text{ kg (OK)}$$

#### 8) Persamaan Interaksi

$$\left( \frac{M_u}{\Phi M_n} \right)^3 \times \left( \frac{V_u}{\Phi V_n} \right)^3 \leq 1,0$$

$$\left( \frac{21746,35}{29551,90} \right)^3 \times \left( \frac{10873,17}{17287,06} \right)^3 \leq 1,0$$

$$0,65 \leq 1,00 \text{ (OK)}$$

#### 9) Kontrol Jarak Antar Lubang

$$S = 2(b+e) = 2 \times (57,74 + 200) = 515,47 \text{ mm} = 51,55 \text{ cm}$$

$$S \geq h_0 = 515,47 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm (OK)}$$

$$S \geq a_0 = 515,47 \text{ mm} \geq 315,47 \text{ mm (OK)}$$

$$S \geq a_0 \left( \frac{\frac{Vu}{\phi Vp}}{1 - \frac{Vu}{\phi Vp}} \right)$$

$$515,47 \geq 315,47 \times \left( \frac{\frac{10873,17}{0,9 \times 57735,03}}{1 - \frac{10873,17}{0,9 \times 57735,03}} \right)$$

$$378,87 \text{ mm} \geq 83,48 \text{ mm (OK)}$$

#### 10) Kontrol Lendutan

$$f \text{ ijin} = \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2,22 \text{ cm}$$

$$f \text{ terjadi} = \frac{5}{384} \times \frac{q_d + q_L \times L^4}{E \times I_x}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{1,0208 + 0,933 \times 800^4}{2000000 \times \left( \frac{37939,05 + 37912,04}{2} \right)}$$

$$= 0,14 \text{ cm}$$

$$f \text{ terjadi} \leq f \text{ ijin} = 0,14 \text{ cm} \leq 2,22 \text{ cm (OK)}$$

Jadi Profil *Castellated Beam* 500 x 200 x 8 x 13 dapat digunakan sebagai balok anak lantai parkir.

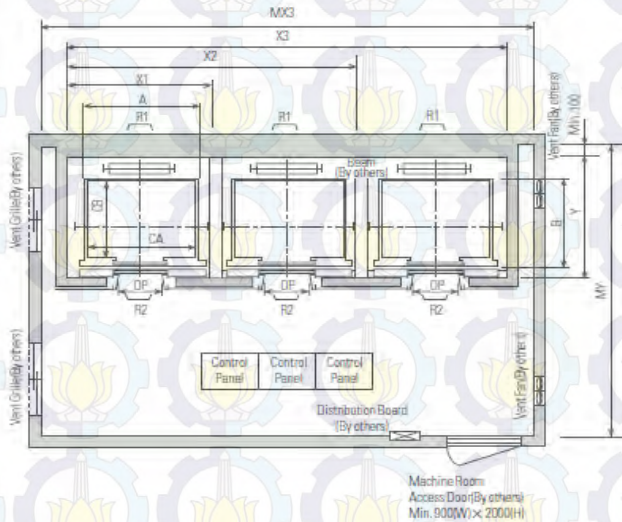
#### 4.2.4 Perencanaan Balok Lift

Pada perencanaan balok lift ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung lift. Pada bangunan ini menggunakan *lift* penumpang dengan data-data sesuai brosur sebagai berikut :

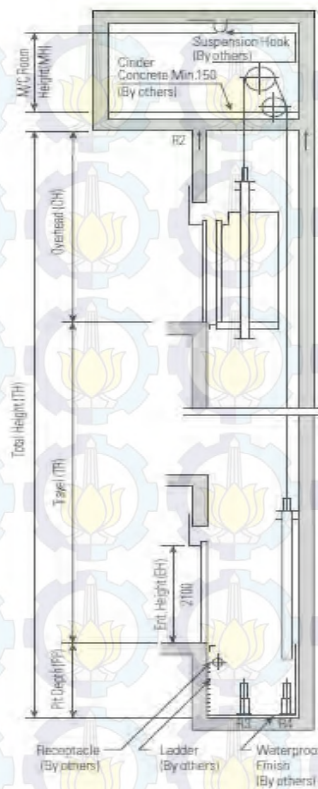
- Nama Brand = Hyundai Elevators
- Merek = LUXEEN (Gearless Elevator)



- Kapasitas = 1000 kg / 15 Orang
- Lebar pintu (opening width) = 900 mm
- Dimensi ruang luncur (hoistway inside) 3 Car = 6350 x 2130 mm<sup>2</sup>
- Dimensi sangkar (Car size)
  - Internal = 1600 x 1500 mm<sup>2</sup>
  - Eksternal = 1660 x 1655 mm<sup>2</sup>
- Dimensi ruang mesin = 6800 x 3850 mm<sup>2</sup>
- Beban reaksi ruang mesin
  - R1 (berat mesin penggerak+beban kereta+perlengkapan)  
R1 = 5450 kg
  - R2 (berat bandul pemberat + perlengkapan)  
R2 = 4300 kg



**Gambar 4.13** Denah *Lift*



**Gambar 4.14** Potongan Melintang *Lift*

1) Balok Penggantung Lift

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil WF 400 x 300 x 9 x 14, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 386 mm	ix	= 16,70 cm
bf	= 299 mm	iy	= 7,21 cm
tf	= 14 mm	Zx	= 1846 cm <sup>3</sup>
tw	= 9,0 mm	Zy	= 633 cm <sup>3</sup>
A	= 120,1 cm <sup>2</sup>	Sx	= 1740 cm <sup>3</sup>

$$\begin{aligned}
 w &= 94,3 \text{ kg/m} & S_y &= 418 \text{ cm}^3 \\
 I_x &= 33700 \text{ cm}^4 & r &= 22 \text{ cm} \\
 I_y &= 6240 \text{ cm}^4 & h &= d - 2(tf+r) \\
 F_y &= 250 \text{ Mpa (BJ-41)} & &= 314 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

## 2) Pembebanan Balok Penggantungan Lift

### a) Beban mati (qD)

$$\text{Berat profil balok penggantung lift} = 94,3 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan (10\%)} = 9,43 \text{ kg/m} +$$

$$qD = 103,73 \text{ kg/m}$$

### b) Beban merata ultimate (qu)

$$Q_u = 1,4 \cdot qD$$

$$= 1,4 \times 103,73 = 145,22 \text{ kg/m}$$

### c) Beban terpusat lift

Berdasarkan pada pasal 4.7 Impact Load SNI 1727:2013 (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung) menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 100% untuk beban kejut dan tumpuan struktur harus direncanakan berdasarkan batas lendutan, atau spesifikasi teknik dari pembuat.

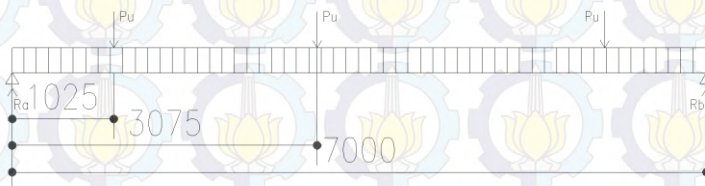
Pada Tabel 4.2 Faktor Elemen Beban Hidup (KLL)

$$PU1 = R1 \cdot KLL = 5450 \times (1 + 100\%) = 10900 \text{ kg}$$

$$PU2 = R2 \cdot KLL = 4300 \times (1 + 100\%) = 8600 \text{ kg}$$

Dipilih beban PU terbesar = 10900 kg

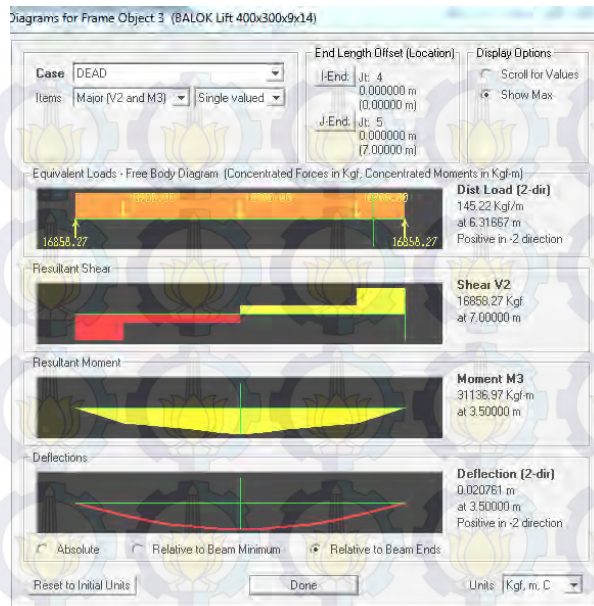
## 3) Gaya Dalam Balok Penggantungan Lift



**Gambar 4.15** Pembebanan Balok Penggantungan Lift

Dilakukan pemodelan pada SAP 2000 untuk mendapatkan gaya dalam pada balok penggantung lift, maka didapatkan hasil:





**Gambar 4.16** Hasil Gaya Dalam Balok Lift

$$\begin{aligned} M_{\max} &= 31136,97 \text{ kg.m} \\ V_u &= 16858,27 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### 4) Kontrol Kuat Momen Lentur

##### a) Pelat Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{299}{2 \times 14} = 10,68$$

$$\lambda_p = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

b) Pelat Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{314}{9} = 34,89$$

$$\lambda_p = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,349$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

c) Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times f_y \\ &= 1846 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 4615000 \text{ kg.cm} = 46150 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

d) Cek kekuatan penampang

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 46150 \\ &= 41535 \text{ kg.m} > 31136,97 \text{ kg.m} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

5) Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

$$L_b = 700 \text{ cm}$$

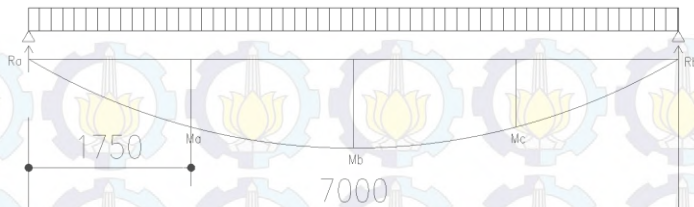
$$L_p = 358,92 \text{ cm (dari tabel)}$$

$$L_r = 1056,78 \text{ cm (dari tabel)}$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{bentang menengah}$$

Karena bentang menengah, maka :

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7f_y S_x) \left( \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$



**Gambar 4.17** Diagram Momen Balok Penggantung Lift

Didapat momen dari hasil SAP 2000 sebagai berikut:

$$M_a = 21372,68 \text{ kg.m}$$

$$M_b = M_{\max} = 31136,97 \text{ kg.m}$$

$$M_c = 21372,68 \text{ kg.m}$$

$$C_b = C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2,3$$

$$= C_b = \frac{12,5 \times 31136,97}{2,5 \times 31136,97 + 3 \times 21372,68 + 4 \times 31136,97 + 3 \times 21372,68} \leq 2,3$$

$$= 1,18 \leq 2,30 \text{ (OK)}$$

$$M_n = 1,18 \left[ 4615000 - (4615000 - 0,7 \times 2500 \times 1740) \left( \frac{358,92 - 700}{1056,78 - 358,92} \right) \right] \leq M_p$$

$$= 5925395,04 \text{ kg.cm} = 59253,95 \text{ kg.m}$$

$M_n > M_p$ , maka digunakan  $M_p = 46150 \text{ kg.m}$

6) Cek Kemampuan Penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 46150 \text{ kg.m}$$

$$= 41535 \text{ kg.m} \geq 31136,97 \text{ kg.m (OK)}$$

7) Kontrol Geser

$$V_u = 16858,27 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}}$$



$$\frac{314}{9} \leq 1,1 \sqrt{5 \times \frac{200000}{250}}$$

$$34,89 \leq 69,570 \rightarrow \text{plastis}$$

$h/tw < 260$  maka,  $k_v = 5$  (SNI 1729:2015, Pasal G2.1)

maka,  $C_v = 1,00$  sehingga

$$\begin{aligned} \text{Maka, } \phi V_n &= 0,9 \times (0,6 f_y A_w C_v) \\ &= 0,9 \times (0,6 \times 2500 \times (38,6 \times 0,9) \times 1,0) \\ &= 46899 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat :  $\phi V_n \geq V_u$

$$46899 \text{ kg} \geq 16858,27 \text{ kg (OK)}$$

#### 8) Kontrol Lendutan

$$f_{\text{ijin}} = \frac{L}{360} = \frac{700}{360} = 1,94 \text{ cm}$$

$$f_{\text{SAP}} = 11,11 \text{ cm}$$

Maka, profil 400×300×9×14 dapat digunakan sebagai balok penggantung Lift

### 4.3 Perencanaan Tangga dan Bordes

Tangga merupakan sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain. Pada PT. Pelindo II ini direncanakan tangga konstruksi baja.

#### 4.3.1 Perencanaan Tangga

##### 1) Data teknis tangga:

- Mutu baja = BJ 41
- Tinggi antar lantai = 400 cm

- Tinggi bordes = 200 cm
- Panjang Tangga = 300 cm
- Lebar tangga = 150 cm
- Lebar bordes = 100 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Lebar pegangan tangga = 20 cm

Syarat perencanaan injakan dan tanjakan tangga serta kemiringan tangga sebagai berikut:

$$60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$$

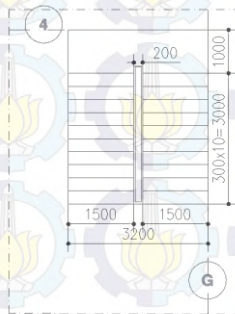
$$25^\circ < a < 40^\circ$$

Dimana:

- t = tinggi injakan (cm)
- i = lebar injakan (cm)
- a = kemiringan tangga

Maka,

- Direncanakan tinggi injakan (t) = 17 cm
- Jumlah tanjakan =  $\frac{\text{tinggi bordes}}{t} = \frac{200}{17} = 11 \text{ buah}$
- Jumlah injakan (n) = 11 bh - 1 = 10 buah
- Kontrol,  $60 \text{ cm} \leq (2 \times 17 + 30) \leq 65 \text{ cm}$   
 $60 \text{ cm} \leq 64 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm} \rightarrow \text{OK!}$
- Kemiringan tangga ( $\alpha$ ) =  $\arctg \frac{200}{300} = 33,69^\circ$



**Gambar 4.18** Denah Tangga Kantor

## 2) Perencanaan Anak Tangga



Gambar 4.19 Pelat Anak Tangga

## a) Perencanaan tebal anak tangga

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat tangga} &= 3 \text{ mm} \\ \text{Berat jenis baja} &= 7850 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Mutu baja BJ 41, } f_y &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

## b) Perencanaan pembebanan pelat tangga

- **Beban Mati**

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 0,003 \times 1,50 \times 7850 = 35,33 \text{ kg/m} \\ \text{Alat penyambung 10\%} &= 3,53 \text{ kg/m} + \\ q_D &= 38,86 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- **Beban Hidup**

$$q_L = 300 \text{ kg/m}^2 \times 1,50 \text{ m} = 450 \text{ kg/m}$$

- **Perhitungan Md dan MI**

$$\begin{aligned} L \text{ (lebar injakan)} &= 0,30 \text{ m} \\ P &= 100 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 38,86 \times 0,30^2 = 0,44 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 450 \times 0,30^2 = 5,06 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{4} \times p_l \times L = \frac{1}{4} \times 100 \times 0,30 = 7,50 \text{ kg.m}$$

Maka yang menentukan,

$$M_D = 0,44 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 7,50 \text{ kg.m} \text{ (yang paling besar)}$$

- **Perhitungan Kombinasi Pembebanan  $M_u$** 

$$M_u = 1,4 \cdot M_D = 1,4 \cdot 0,44 = 0,61 \text{ kg.m}$$



$$M_u = 1,2M_D + 1,6M_L = 1,2 \cdot 0,44 + 1,6 \cdot 7,50 = 12,52 \text{ kg.m}$$

Maka yang menentukan,

$$M_U = 12,52 \text{ kg.m}$$

**Kontrol Momen Lentur**

$$Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 150 \times 0,3^2 = 3,38 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \emptyset M_n &= \emptyset Z_x \cdot f_y = 0,9 \cdot 3,38 \cdot 2500 = 7593,75 \text{ kg.cm} \\ &= 75,94 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Syarat,  $\emptyset M_n > M_u \rightarrow 75,94 \text{ kg.m} > 12,52 \text{ kg.m} \rightarrow \text{OK!}$

**Kontrol Lendutan**

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{30}{360} = 0,08 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 150 \times 0,3^3 = 0,34 \text{ cm}^4$$

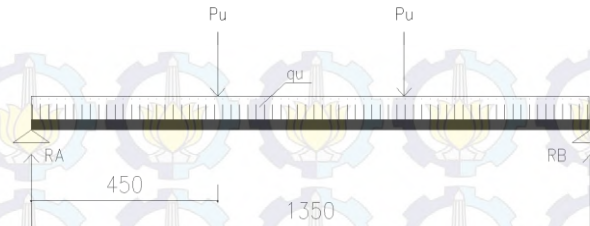
$$f^o = \frac{5 \left( \frac{qdl + qll}{100} \right) l^4}{384 \cdot EI_x} = \frac{5 \left( \frac{38,86 + 450}{100} \right) 30^4}{384 \cdot 2000000 \cdot 0,34} = 0,08 \text{ cm}$$

Maka,  $f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0,08 \text{ cm} \leq 0,08 \text{ cm} \rightarrow \text{OK!}$

c) Perencanaan pengaku anak tangga

Direncanakan menggunakan profil siku 50 x 50 x 6 dengan data sebagai berikut,

w	= 4,43	kg/m	I <sub>x</sub>	= 12,6	cm <sup>4</sup>
A	= 5,64	cm <sup>2</sup>	I <sub>y</sub>	= 12,6	cm <sup>4</sup>
bf	= 50	mm	i <sub>x</sub>	= 1,5	cm
tw	= 6	mm	i <sub>y</sub>	= 1,5	cm
Z <sub>x</sub>	= 3,55	cm <sup>3</sup>			



**Gambar 4.20** Sketsa Pembebanan Pengaku Anak Tangga

- **Beban Mati ( $\frac{1}{2}$  Lebar Injakan)**

$$\text{Berat plat} = 0,003 \times \frac{0,30}{2} \times 7850 = 3,53 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat baja siku} = 50 \times 50 \times 6 = 4,43 \text{ kg/m} + 7,96 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung (10\%)} = 7,96 \times 0,10 = 0,80 \text{ kg/m} + q_D = 8,76 \text{ kg/m}$$

- **Beban Hidup ( $\frac{1}{2}$  Lebar Injakan)**

$$q_L = 300 \text{ kg/m}^2 \cdot \frac{0,30}{2} = 45 \text{ kg/m}$$

$$P_L = 100 \text{ kg}$$

- **Perhitungan Md dan MI**

$$L \text{ (lebar tangga)} = 1,50 \text{ m}$$

$$P = 100 \text{ kg}$$

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 8,76 \times 1,50^2 = 2,46 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \text{merata} \quad \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 45 \times 1,50^2 = 12,66 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \text{terpusat} \quad \frac{1}{3} \times P \times L = \frac{1}{3} \times 100 \times 1,50 = 50 \text{ kg.m}$$

Maka yang menentukan,

$$M_D = 2,46 \text{ kg.m}$$

$M_L = 50 \text{ kg.m}$  (yang paling besar)

$$\begin{aligned} V_u &= 1,2 \left( \frac{1}{2} \times q_d \times L \right) + 1,6 \left( \frac{1}{2} \times P \times 2 \right) \\ &= 1,2 \left( \frac{1}{2} \times 8,76 \times 1,50 \right) + 1,6 \left( \frac{1}{2} \times 100 \times 2 \right) \\ &= 166,88 \text{ kg} \end{aligned}$$

- **Perhitungan Kombinasi pembebanan  $M_u$**

$$M_u = 1,2.M_D + 1,6.M_L = 1,2.2,46 + 1,6.50 = 82,96 \text{ kg.m}$$

- **Kontrol Penampang Profil**

Kontrol pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{tf} = \frac{50}{6} = 8,33$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow 8,33 < 10,75 \rightarrow \text{OK (Penampang Kompak)}$$

Karena penampang kompak, Maka  $M_n = M_p$

$$Z_x = (tf \times d) \frac{1}{2} + (tf(b-tf)) \frac{1}{2} tw$$

$$Z_x = (0,6 \times 5) \frac{1}{2} 5 + (0,6(5 - 0,6)) \frac{1}{2} 0,6$$

$$Z_x = 8,29 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} M_n &= \phi Z_x \cdot f_y = 0,9 \cdot 8,29 \cdot 2500 &= 18657 \text{ kg.cm} \\ & &= 186,57 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Kontrol,

$$\phi_b \times M_n = 0,90 \cdot 186,57 \text{ kg.m} = 167,91 \text{ kg.m}$$

Syarat,

$$\phi_b \times M_n \geq M_u \rightarrow 167,91 \text{ kg.m} \geq 82,96 \text{ kg.m} \rightarrow \text{OK!}$$

- **Kontrol Kuat Geser**

$$V_u = 167,88 \text{ kg}$$



$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{50-6}{6} = 7,33 < 260$$

$$1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{5 \frac{200000}{250}} = 69,57$$

$$k_v = 5 \text{ (SNI 1729:2015, Pasal G2.1)}$$

$$\text{Maka, } C_v = 1,00$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (5 \cdot 0,6) \cdot 1 \\ &= 4500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \cdot V_n \\ &= 0,9 \cdot 4500 \text{ kg} \\ &= 4050 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat, } \phi V_n > V_u \rightarrow 4050 \text{ kg} > 167,88 \text{ kg} \rightarrow \text{OK!}$$

#### - Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{150}{240} = 0,63 \text{ cm}$$

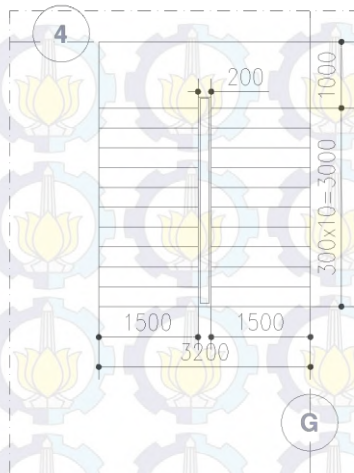
$$f^o = \frac{5 \left( \frac{qdl + qll}{100} \right) l^4}{384 \cdot E \cdot I_x} + \left( \frac{23}{684} \times \frac{P \cdot l^3}{E \cdot I_x} \right) = 0,04 \text{ cm}$$

$$= \frac{5 \left( \frac{8,76 + 45}{100} \right) 150^4}{384 \cdot 2000000 \cdot 12,60} + \left( \frac{23}{684} \times \frac{100 \cdot 150^3}{2000000 \cdot 12,60} \right)$$

$$= 0,62 \text{ cm}$$

$$\text{Maka, } f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,62 \text{ cm} < 0,63 \text{ cm} \rightarrow \text{OK!}$$

### 4.3.2 Perencanaan Bordes



**Gambar 4.21** Denah Bordes

#### 1) Pelat Bordes

##### a) Data Pelat Bordes

- Tebal pelat bordes = 5 mm
- Berat jenis baja =  $7850 \text{ kg/m}^3$
- Mutu baja BJ 41,  $f_y$  =  $2500 \text{ kg/cm}$
- Lebar tangga = 1,50 m
- Lebar bordes = 1,00 m
- $\frac{1}{2}$  lebar bordes = 0,50 m

##### b) Perencanaan Pembebanan Pelat Bordes

###### - **Beban Mati**

$$\text{Berat pelat} = 0,005 \times 1,50 \times 7850 = 58,88 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung } 10\% = 5,89 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 58,88 + 5,89 = 64,76 \text{ kg/m}$$

###### - **Beban Hidup**

$$q_L = 300 \text{ kg/m}^2 \times 1,50 \text{ m} = 405 \text{ kg/m}$$

- **Perhitungan Md dan MI**

$$M_D = \frac{1}{8} \times qd \times L^2 = \frac{1}{8} \times 64,76 \times 0,50^2 = 2,02 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times ql \times L^2 = \frac{1}{8} \times 450 \times 0,50^2 = 14,06 \text{ kg.m}$$

- **Perhitungan Kombinasi Pembebanan  $M_u$**

$$M_u = 1,2M_D + 1,6M_L = 1,2 \times 2,02 + 1,6 \times 14,06 = 24,93 \text{ kg.m}$$

- **Kontrol Momen Lentur**

$$Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 150 \times 0,5^2 = 9,38 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x \times f_y = 9,38 \times 2500 = 23437,5 \text{ kg.cm}$$

$$= 234,38 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot M_n = 0,9 \times 234,38 = 210,94 \text{ kg.m}$$

$$\text{Syarat, } \phi M_n > M_u \rightarrow 210,94 \text{ kg.m} > 24,93 \text{ kg.m} \rightarrow \text{OK!}$$

- **Kontrol Lendutan**

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{50}{240} = 0,21 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 150 \times 0,50^3 = 1,56 \text{ cm}^4$$

$$f^o = \frac{5 \left( \frac{qd + ql}{100} \right) l^4}{384 \cdot EI_x} = \frac{5 \left( \frac{64,76 + 450}{100} \right) 50^4}{384 \times 2000000 \times 1,56} = 0,13 \text{ cm}$$

$$\text{Maka, } f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,13 \text{ cm} < 0,21 \text{ cm} \rightarrow \text{OK!}$$

2) **Perencanaan Balok Bordes**

Direncanakan menggunakan profil WF 100 x 50 x 5 x 7 dengan data sebagai berikut:

$$A = 11,85 \text{ cm}^2 \quad i_x = 3,98 \text{ cm}$$

$$w = 9,30 \text{ kg/m} \quad i_y = 1,12 \text{ cm}$$

$$d = 100 \text{ mm} \quad r = 16,0 \text{ mm}$$



$bf = 50 \text{ mm}$	$Z_x = 42 \text{ cm}^3$
$tw = 5 \text{ mm}$	$Z_y = 9 \text{ cm}^3$
$tf = 7 \text{ mm}$	$S_x = 37,50 \text{ cm}^3$
$I_x = 187 \text{ cm}^4$	$S_y = 5,91 \text{ cm}^3$
$I_y = 14,8 \text{ cm}^4$	$h = d - 2(tf + r)$
	$= 54 \text{ mm}$

a) Perencanaan pembebanan balok bordes

- **Beban Mati**

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 0,005 \times 0,50 \times 7850 &= 19,63 \text{ kg/m} \\ \text{Berat profil} & &= 9,30 \text{ kg/m} + \end{aligned}$$

$$= 28,93 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung } 10\% \quad = 2,89 \text{ kg/m} +$$

$$q_D = 31,82 \text{ kg/m}$$

- **Beban Hidup**

$$\text{Lantai kantor} = 300 \text{ kg/m}^2 \text{ (SNI 1727-2013)}$$

$$q_L = 300 \text{ kg/m}^2 \times 0,50 \text{ m} = 150 \text{ kg/m}$$

- **Perhitungan Gaya Dalam**

$$L \text{ (lebar bordes)} = 1,385 \text{ m}$$

$$V_D = \frac{1}{2} \times q_D \times L = \frac{1}{2} \times 31,82 \times 1,00 = 15,91 \text{ kg}$$

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 31,82 \times 1,00^2 = 3,98 \text{ kg.m}$$

$$V_L = \frac{1}{2} \times q_L \times L = \frac{1}{2} \times 150 \times 1,00 = 75 \text{ kg}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 150 \times 1,00^2 = 18,75 \text{ kg.m}$$

- **Perhitungan Kombinasi Pembebanan  $M_u$  dan  $V_u$**

$$\begin{aligned} V_u &= 1,2 \times V_D + 1,6 \times V_L \\ &= 1,2 \times 15,91 + 1,6 \times 75 \\ &= 139,09 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 1,2 \times M_D + 1,6 \times M_L \\ &= 1,2 \times 3,98 + 1,6 \times 18,75 \\ &= 34,77 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- **Kontrol Penampang**

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{50}{2 \times 7} = 3,57$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow 3,57 < 10,75 \rightarrow$  Penampang badan kompak

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= M_n = Z_x \times F_y \\ &= 42 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 105000 \text{ kg.cm} \\ &= 1050 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- **Cek Kemampuan Penampang**

$$\begin{aligned} \Phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times M_n \\ &= 0,9 \times 105000 \text{ kg.cm} \\ &= 94500 \text{ kg.cm} \\ &= 945 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\Phi_b \cdot M_n \geq M_u \rightarrow 945 \text{ kg.m} \geq 34,77$$

- **Kontrol Kuat Geser**

$$V_u = 139,09 \text{ kg}$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{50-5}{5} = 9 < 260, \quad k_v = 5 \quad (\text{SNI 1729:2015, Pasal G2.1})$$

$$1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{5 \times \frac{200000}{250}} = 69,57$$

$$k_v = 5 \quad (\text{SNI 1729:2015, Pasal G2.1})$$

Maka,  $C_v = 1,00$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (10,0 \cdot 5) \cdot 1 \\ &= 7500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \cdot V_n \\ &= 0,9 \cdot 7500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$= 6750 \text{ kg}$$

Syarat,  $\emptyset V_n > V_u \rightarrow 6750 \text{ kg} > 139,09 \text{ kg} \rightarrow \text{OK!}$

- **Kontrol Lendutan**

$$L = 135 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{150}{240} = 0,63 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5 \left( \frac{q_{dl} + q_{ll}}{100} \right) l^4}{384 \cdot EI_x} = \frac{5 \left( \frac{31,82 + 150}{100} \right) 150^4}{384 \cdot 2000000 \cdot 187} = 0,03 \text{ cm}$$

Kontrol,  $f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,03 \text{ cm} < 0,63 \text{ cm} \rightarrow \text{OK!}$

Maka, profil WF 100 x 50 x 5 x 7 dapat digunakan sebagai balok bordes pada tangga.

#### 4.3.1 Perencanaan Balok Utama Tangga

Direncanakan menggunakan profil WF 200 x 100 x 4,5 x 7 dengan data sebagai berikut:

$$A = 23,18 \text{ cm}^2$$

$$i_x = 8,26 \text{ cm}$$

$$w = 18,20 \text{ kg/m}$$

$$i_y = 2,21 \text{ cm}$$

$$d = 200 \text{ mm}$$

$$r = 11,0 \text{ mm}$$

$$b_f = 100 \text{ mm}$$

$$Z_x = 170 \text{ cm}^3$$

$$t_w = 4,5 \text{ mm}$$

$$Z_y = 35 \text{ cm}^3$$

$$t_f = 7 \text{ mm}$$

$$S_x = 160 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 1580 \text{ cm}^4$$

$$S_y = 23 \text{ cm}^3$$

$$I_y = 114 \text{ cm}^4$$

$$h = d - 2(t_f + r)$$

$$= 164 \text{ mm}$$

a) Perencanaan pembebanan anak tangga

- **Beban Mati (Anak Tangga)**

$$\text{Berat pelat} = 0,003 \times 0,75 \times 7850 = 17,66 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ profil siku} = 4,43 \times 2 = 8,86 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ profil balok} = \frac{18,20}{\cos 33,69} = 21,87 \text{ kg/m} +$$

$$= 48,80 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung 10\%} = 4,84 \text{ kg/m} +$$

$$q_{D1} = 53,24 \text{ kg/m}$$



- **Beban Hidup**

$$q_{L1} = 300 \times \frac{0,75}{\cos 33,69} = 270,24 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} q_{U1} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \cdot 53,24 + 1,6 \cdot 270,42 \\ &= 469,55 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b) Perencanaan pembebanan dan gaya dalam bordes

- **Beban Mati**

$$\text{Berat pelat} = 0,005 \times 0,750 \times 7850 = 29,44 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{W profil balok utama tangga} &= 18,20 \text{ kg/m} + \\ &= 47,64 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Alat penyambung 10\%} &= 4,764 \text{ kg/m} + \\ q_{D2} &= 52,40 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- **Beban Hidup**

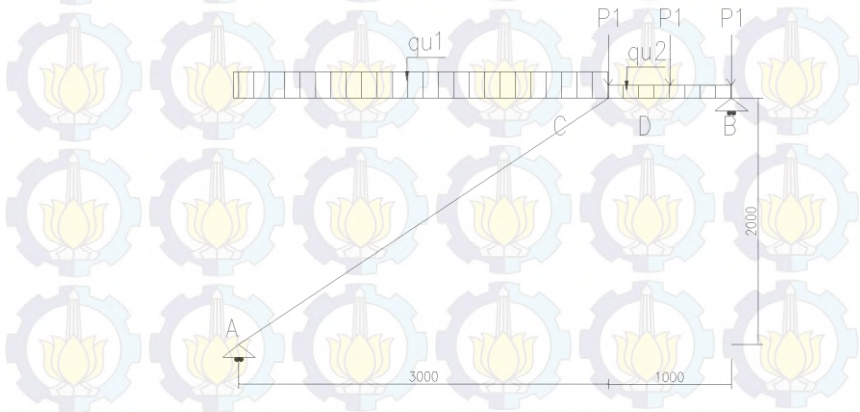
$$q_{L2} = 300 \times 0,750 = 225 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} q_{U2} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \cdot 52,40 + 1,6 \cdot 225 \\ &= 422,88 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- **Beban Terpusat**

Beban terpusat akibat balok bordes

$$P_1 = 9,3 \times 0,750 = 6,98 \text{ kg}$$



**Gambar 4.22** Model Pembebanan Balok Utama Tangga

- **Perhitungan Pembebanan**

$$\Sigma M_a = 0$$

$$R_b \times 4 - P_1 \times 3 - P_1 \times 3,5 - P_1 \times 4 - q_{u1} \times 3 \times 1,5 - q_{u2} \times 1 \times 3,5 = 0$$

$$R_b = \frac{6,98 \times 3 + 6,98 \times 3,5 + 6,98 \times 4 + 496,55 \times 3 \times 1,5 + 422,88 \times 1 \times 3,5}{4}$$

$$R_b = \frac{20,93 + 24,41 + 27,90 + 2234,47 + 1480,09}{4}$$

$$R_b = 946,95 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_a \times 4 - P_1 \times 1 - P_1 \times 0,5 - q_{u1} \times 3 \times 2,5 - q_{u2} \times 1 \times 0,50 = 0$$

$$R_b = \frac{6,98 \times 1 + 6,98 \times 0,5 + 496,55 \times 3 \times 2,5 + 422,88 \times 1 \times 0,5}{4}$$

$$R_b = \frac{6,98 + 3,49 + 3724,12 + 211,44}{4}$$

$$R_b = 986,51 \text{ kg}$$

Kontrol,

$$\Sigma_v = R_a + R_b - q_{u1} \times 3 - q_{u2} \times 1 - P_1 \times 3,00$$

$$= 946,95 + 986,51 - 496,55 \times 3 - 422,88 \times 1 - 6,98 \times 3$$

$$= 0,00 \rightarrow \text{OK!}$$

- **Bidang M**

$$\frac{a-c}{X}$$

$$M_x = R_a \cdot X - \frac{1}{2} q_{u1} \cdot X^2$$

$$= 986,51 \cdot X - 0,5 \cdot 496,55 \cdot X^2$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_a = 0 \text{ kg.m}$$

$$X = 3 \text{ m}$$

$$M_c = 986,51 \times 3 - 0,5 \times 496,55 \times 3^2$$

$$= 725,05 \text{ kg.m}$$

Momen maksimum akan terjadi apabila,  $\frac{dM_x}{d_x} = 0$

$$\frac{dM_x}{d_x} = R_a - q_{u1} \cdot X = 986,51 - 496,55 \cdot X = 0$$

$$X = 1,99 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= 986,51 \times 1,99 - 1/2 \times 496,55 \times 1,99^2 \\ &= 979,96 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

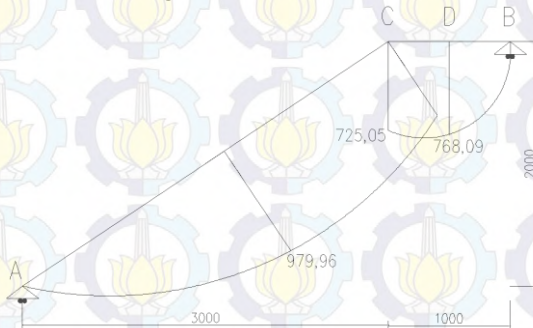
$$\begin{aligned} \frac{b-d}{M_x} &= R_a \cdot X - 1/2 q_{u2} \cdot X^2 - P \cdot X \\ &= 986,51 \cdot X - 0,5 \cdot 422,88 \cdot X^2 - 6,98 \cdot X \end{aligned}$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_b = 0 \text{ kg.m}$$

$$X = 1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_d &= 986,51 \cdot 1 - 0,5 \cdot 422,88 \cdot 1^2 - 6,98 \cdot 1 \\ &= 768,09 \text{ kg.m} \end{aligned}$$



Gambar 4.23 Bidang M Balok Tangga

### Bidang D

a - c

$$\begin{aligned} D_x &= R_a \cdot \cos(33,69) - q_{u1} \cdot X \cdot \cos(33,69) \\ &= 986,51 \times 0,83 - 496,55 \times X \times 0,83 \end{aligned}$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{ka} &= 986,51 \times 0,83 - 496,55 \times 0 \times 0,83 \\ &= 820,82 \text{ kg} \end{aligned}$$



$$X = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Dc_{ki} &= 986,51 \times 0,83 - 496,55 \times 3 \times 0,83 \\ &= -418,64 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \underline{b-d} \\ D_x &= -R_b + q_{u2} \times X + P_1 \\ &= -946,95 + 422,88 \times X + 6,98 \end{aligned}$$

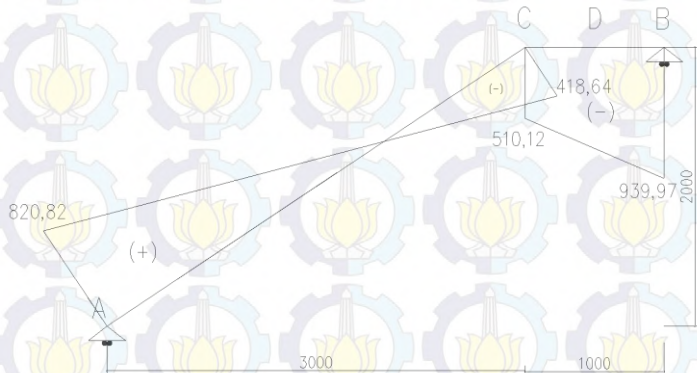
$$\begin{aligned} X &= 0 \text{ m} \\ Db_{ki} &= -946,95 + 422,88 \times 0 + 6,98 \\ &= -939,97 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= 0,50 \text{ m} \\ Dd_{ka} &= -946,95 + 422,88 \times 0,50 + 6,98 \\ &= -728,53 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \underline{d-c} \\ D_x &= -R_b + q_{u2} \times (X + 0,5) + P_1 + P_1 \\ &= -946,95 + 422,88 \times (X + 0,5) + 6,98 + 6,98 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= 0 \text{ m} \\ Dd_{ki} &= -946,95 + 422,88 \times (0 + 0,5) + 6,98 + 6,98 \\ &= -721,56 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= 0,5 \text{ m} \\ Dc_{ka} &= -946,95 + 422,88 \times (0,5 + 0,5) + 6,98 + 6,98 \\ &= -510,12 \text{ kg} \end{aligned}$$



**Gambar 4.24** Bidang D Balok Tangga

- **Bidang N**

a - c

$$\begin{aligned} N_x &= -R_a \times \sin(33,69) + q_{u1} \times X \times \sin(33,69) \\ &= -986,51 \times \sin(33,69) + 496,55 \times X \\ &\quad \times \sin(33,69) \end{aligned}$$

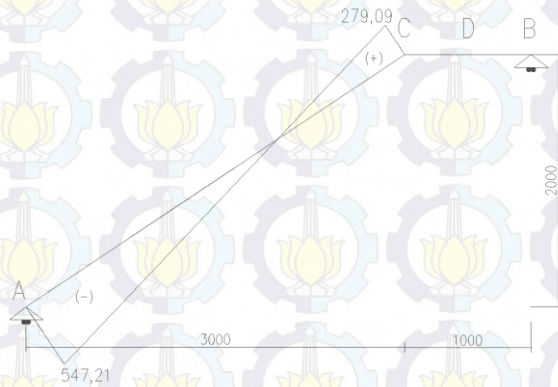
$$X = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} N_{a_{ka}} &= -986,51 \times \sin(33,69) + 496,55 \times 0 \\ &\quad \times \sin(33,69) \\ &= -547,21 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$X = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} N_{c_{ki}} &= -986,51 \times \sin(33,69) + 496,55 \times 3 \\ &\quad \times \sin(33,69) \\ &= 279,09 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{c - b}{N} = 0 \text{ kg}$$



**Gambar 4.25** Bidang N Balok Tangga

c) Kontrol Penampang Profil

- **Kontrol Pelat Sayap**

$$\frac{bf}{2 \times tf} = \frac{100}{2 \times 7} = 7,14$$

$$\lambda_p = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} \leq \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- **Kontrol Pelat Badan**

$$\frac{h}{t_w} = \frac{164}{4,5} = 36,44$$

$$\lambda_p = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Maka, Penampang kompak,  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p = M_n &= Z_x \times F_y \\ &= 170 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 425000 \text{ kg.cm} \\ &= 4250 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

d) **Kontrol Penampang Terhadap tekuk Lateral**

$$L_b = \sqrt{t^2 + I^2} = \sqrt{18^2 + 26^2} = 31,62 = 34,48 \text{ cm}$$

(pengaku anak tangga)

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times I_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 2,21 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 110,01 \text{ cm} \end{aligned}$$

Karena  $L_b < L_p \rightarrow 34,48 \text{ cm} < 110,01 \text{ cm} \rightarrow$  Bentang pendek. Maka,  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p = M_n &= Z_x \times F_y \\ &= 170 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 425000 \text{ kg.cm} \\ &= 4250 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

**Cek Kemampuan Penampang**



$$\begin{aligned}\phi_b \cdot M_{nx} &\geq M_u \\ 0,9 \times M_n &\geq M_u \\ 0,9 \times 4250 &\geq 979,96 \text{ kg.m} \\ 3825 \text{ kg.m} &\geq 979,96 \text{ kg.m} \rightarrow \text{OK!}\end{aligned}$$

e) Kontrol Geser

$$V_u = 847,69 \text{ kg}$$

$$\frac{hw}{tw} = \frac{164}{4,5} = 36,44$$

$$1,1 \sqrt{k_v \times \frac{E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{5 \times \frac{200000}{250}} = 69,57$$

$$\text{karena, } \frac{h_w}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 36,44 \leq 69,57 \rightarrow \text{plastis}$$

maka  $C_v = 1,00$ ; sehingga

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\ &= 0,9 \times 0,6 \times 2500 \times (20 \times 0,45) \times 1 \\ &= 12150 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\phi V_n \geq V_u \rightarrow 12150 \text{ kg} \geq 939,97 \text{ kg} \rightarrow \text{OK!}$$

f) Persamaan Interaksi Tekan Lentur

$$L_c = \sqrt{300^2 + 200^2} = 360,56 \text{ cm}$$

$$K_c = 0,7 \text{ (sendi - jepit)}$$

$$\lambda_c = K_c \times L_c = 0,7 \times 360,56 = 252,39$$

$$\lambda_{c \text{ koreksi}} = \frac{\lambda_c}{\pi \times i_y} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{252,39}{\pi \times 2,21} \times \sqrt{\frac{2500}{2000000}}$$

$$= 1,2 < 1,2$$

$$\omega = 1,25 \times \lambda_c^2 = 1,25 \times 1,2^2 = 2,06$$

$$P_n = A_g \times \frac{f_y}{\omega} = 23,18 \times \frac{2500}{2,06} = 28065,85 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \times 28065,85 = 23855,98 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{547,21}{23855,98} = 0,02 < 2$$

(Maka digunakan persamaan interaksi 2)

$$= \frac{P_u}{2\phi P_n} + \left[ \frac{M_{u_x}}{\phi M_{n_x}} + \frac{M_{u_y}}{\phi M_{n_y}} \right] \leq 1,00$$

$$= \frac{547,21}{2 \times 23855,98} + \left[ \frac{979,96}{3825} + \frac{0}{0,9 \times 35 \times 2500} \right] \leq 1,00$$

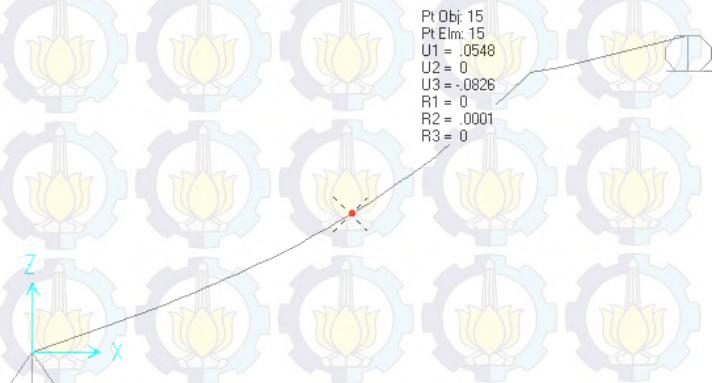
$$= 0,27 \leq 1,00 \rightarrow \text{OK!}$$

g) Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{360,56}{240} = 1,5 \text{ cm}$$

$$f = 0,826 \text{ cm (dari hasil analisa SAP)}$$

$$f_{SAP} \leq f_{ijin} \rightarrow \text{OK}$$



**Gambar 4.26** Analisa Lendutan Balok Utama Tangga

### 4.3.2 Balok Penumpu Tangga

Balok penumpu tangga direncanakan dengan menggunakan profil WF 200 x 100 x 5,5 x 8 dengan data sebagai berikut:

A	= 27,16 cm <sup>2</sup>	ix	= 8,24 cm
w	= 21,30 kg/m	iy	= 2,22 cm
d	= 200 mm	r	= 11,0 mm
bf	= 100 mm	Zx	= 200 cm <sup>3</sup>
tw	= 5,5 mm	Sx	= 184 cm <sup>3</sup>
tf	= 8 mm	h	= d-2(tf+r)
Ix	= 1840 cm <sup>4</sup>		= 162 mm
Iy	= 134 cm <sup>4</sup>		

#### 1) Pembebanan

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi Ra dan Rb yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat P yang menumpu pada balok penumpu tangga. Pada balok penumpu tangga juga bekerja beban merata yang berasal dari dinding setengah dari tinggi lantai dan berat profil. Sketsa pembebanan balok penumpu tangga bisa dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 4.27** Pembebanan Balok Penumpu Tangga

$$R_a = 986,51 \text{ kg}$$

$$R_b = 946,95 \text{ kg}$$

$$\text{Beban merata (q)}$$

$$\text{Berat profil} = 21,30 \text{ kg/m}$$



Beban dinding	$= 2 \times 250$	$= 500$	$\frac{\text{kg/m}}{+}$
	Total	$= 521,30$	$\frac{\text{kg/m}}{+}$
Berat sambungan 10%		$= 52,31$	$\frac{\text{kg/m}}{+}$
q		$= 573,43$	$\frac{\text{kg/m}}{+}$

2) Reaksi Perletakan

$$\begin{aligned}\sum M_a &= 0 \\ &= R_{v_b} \times 3,2 - R_a \times 1,7 - R_b \times 1,5 - 1/2 \times q \times 3,2^2 \\ R_{v_b} &= \frac{986,51 \times 1,7 - 946,95 \times 1,5 - 1/2 \times 573,43 \times 3,2^2}{3,2}\end{aligned}$$

$$R_{v_b} = 1885,45 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\sum M_b &= 0 \\ &= R_{v_a} \times 3,2 - R_b \times 1,7 - R_a \times 1,5 - 1/2 \times q \times 3,2^2 \\ R_{v_a} &= \frac{946,95 \times 1,7 - 986,51 \times 1,5 - 1/2 \times 573,43 \times 3,2^2}{3,2}\end{aligned}$$

$$R_{v_a} = 1882,98 \text{ kg}$$

Kontrol,

$$\begin{aligned}\sum V &= R_{v_a} + R_{v_b} - R_a - R_b - (q \times 3,2) \\ &= 1882,98 + 1885,45 - 986,51 - 946,95 - (573,43 \times 3,2) \\ &= 0,00 \rightarrow \text{OK!}\end{aligned}$$

3) Perhitungan Gaya Dalam Momen Maksimum,

$$\begin{aligned}M_{\max} &= R_{v_a} \times 1,6 + R_a \times \frac{0,2}{2} - \frac{1}{2} \times q \times 1,6^2 \\ &= 1882,98 \times 1,6 + 986,51 \times \frac{0,2}{2} - \frac{1}{2} \times 573,43 \times 1,6^2 \\ &= 2180,13 \text{ kg}\end{aligned}$$

Gaya geser

$$V_u = -R_{v_b} = -1885,45 \text{ kg}$$

4) Kontrol Penampang Tekuk Lokal

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{100}{2 \times 8} = 6,25$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 6,25 \leq 10,75 \rightarrow$  Penampang sayap kompak

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{hw}{tw} = \frac{162}{5,50} = 29,45$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 29,45 \leq 106,35 \rightarrow$  Penampang badan kompak

Karena penampang kompak, Maka  $M_p = M_n$ .

$$\begin{aligned} M_p = M_n &= Z_x \times F_y \\ &= 200 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 500000 \text{ kg.cm} \\ &= 5000 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Penampang

$$\phi_b \cdot M_{nx} \geq M_u$$

$$0,9 \times M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 5000 \geq 1746,30 \text{ kg.m}$$

$$4500 \text{ kg.m} \geq 1746,30 \text{ kg.m} \rightarrow \text{OK!}$$

5) Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral ( $L_b$ ) = 150 cm

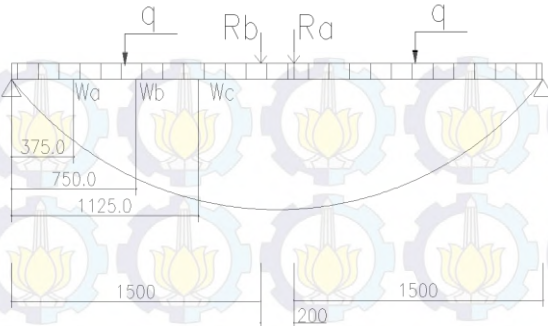
Didapatkan dari tabel  $L_p$  dan  $L_r$ ,

$$L_p = 110,612 \text{ cm}$$

$$L_r = 361,127 \text{ cm}$$

$L_p < L_b < L_r \rightarrow$  Bentang menengah, maka:

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 f_y S_x) \left( \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$



**Gambar 4.28** Posisi  $M_a$ ,  $M_b$ ,  $M_c$  Balok Penumpu Tangga

Jarak,

$$M_a = 375 \text{ mm}$$

$$M_b = 705 \text{ mm}$$

$$M_c = 1125 \text{ mm}$$

$$M_{\max} = 1500 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_A &= R_{va} \times 0,375 - \frac{1}{2} \times q \times 0,375^2 \\ &= 1882,98 \times 0,375 - \frac{1}{2} \times 573,43 \times 0,375^2 \\ &= 665,80 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_B &= R_{va} \times 0,750 - \frac{1}{2} \times q \times 0,750^2 \\ &= 1882,98 \times 0,750 - \frac{1}{2} \times 573,43 \times 0,750^2 \\ &= 1250,96 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_C &= R_{va} \times 1,125 - \frac{1}{2} \times q \times 1,125^2 \\ &= 1882,98 \times 1,125 - \frac{1}{2} \times 573,43 \times 1,125^2 \\ &= 1755,48 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= R_{va} \times 1,5 - \frac{1}{2} \times q \times 1,5^2 \\ &= 1882,98 \times 1,5 - \frac{1}{2} \times 573,43 \times 1,5^2 \\ &= 2179,36 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2,3 \\ &= \frac{12,5 \times 2179,36}{2,5 \times 2179,36 + 3 \times 665,80 + 4 \times 1250,96 + 3 \times 1755,48} \leq 2,3 \\ &= 1,54 \leq 2,3 \end{aligned}$$



$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7f_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$= 1,54 \left[ 500000 - (500000 - 0.7 \times 2500 \times 184) \left( \frac{150 - 110,612}{361,127 - 110,612} \right) \right] \leq M_p$$

$$= 726900,63 \text{ kg.cm} = 7269,01 \text{ kg.m}$$

$$M_n = 7269,01 \text{ kg.m} > M_p = 5000 \text{ kg.m}$$

Maka dipakai  $M_n = M_p = 5000 \text{ kg.m}$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 5000 \text{ kg.m}$$

$$= 4500 \text{ kg.m} > M_u = 2179,36 \text{ kg.m} \rightarrow \text{OK!}$$

6) Kontrol Penampang Profil Terhadap Gaya Geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{162}{5,5} = 29,45 ; 1,1 \sqrt{K_v \frac{E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{5 \times \frac{2000000}{2500}} = 69,57$$

$$\text{Karena } \frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{K_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 29,45 \leq 69,57$$

Maka  $C_v = 1,00$  ; sehingga

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v = 0,6 \times 2500 \times (10 \times 0,55) \times 1 = 8250 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 8250 = 7425 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 7425 \text{ kg} \geq V_u = 1885,45 \text{ kg} \rightarrow \text{OK!}$$

7) Kontrol Lendutan

$$L = 320 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{320}{240} = 1,33 \text{ cm}$$

$$f_{SAP} = 0,3614 \text{ cm}$$

$$f_{SAP} < f_{ijin} \rightarrow \text{OK!}$$





*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

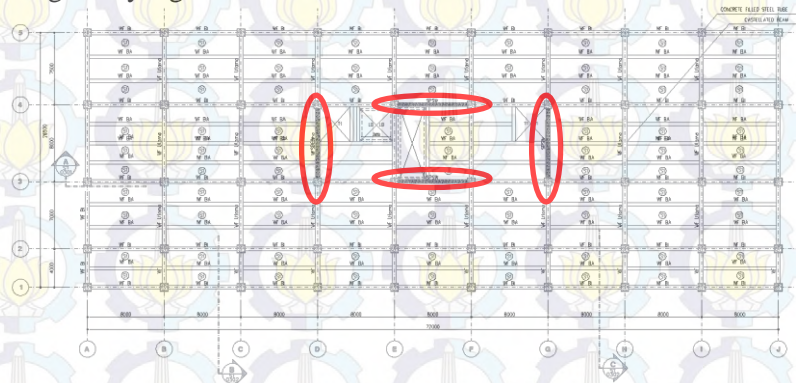


## 5.1 Pemodelan Struktur

## PEMODELAN STRUKTUR

## 5.1 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur pada modifikasi bangunan gedung ini menggunakan sistem dinding geser pelat baja (*SPSW*). Fungsi dari dinding geser pelat baja sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat gempa. Struktur yang di modifikasi direncanakan merupakan bangunan yang terdiri dari 6 lantai parkir, 3 lantai perkantoran, dan 1 lantai atap dengan total tinggi struktur bangunan 32,2 meter. Berikut merupakan denah struktur bangunan yang di modifikasi:



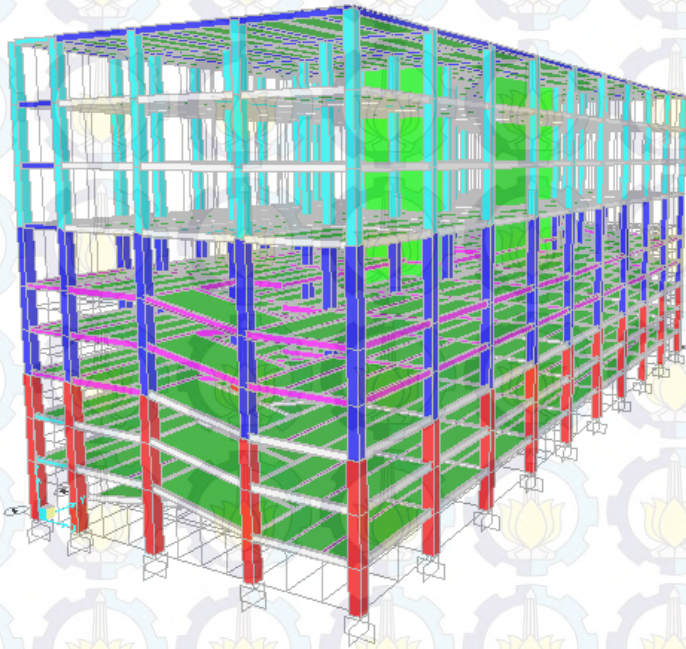
**Gambar 5.1** Denah Struktur Modifikasi Gedung Parkir dan Kantor PT.Pelindo II

Pada gambar 5.1 diasumsikan arah vertikal mengikuti sumbu  $-X$  dan arah horizontal mengikuti arah sumbu  $-Y$  pada pemodelan gambar. Sistem dinding geser pelat baja yang direncanakan 4 buah dinding geser yang diletakkan di tengah bangunan.

Pemodelan struktur Gedung Parkir dan Kantor PT. Pelindo II ini dilakukan menggunakan program bantu SAP 2000. Pada SAP 2000, struktur gedung dimodelkan sesuai dengan kondisi yang sesungguhnya. Program ini membantu dalam perhitungan

yang di gunakan untuk mengkontrol struktur gedung apakah telah memnuhi syarat pada SNI 1726-2012 (Tata Cara Perencanaan Gempa untuk Struktrur Bangunan Gedung dan Non Gedung) serta SNI 1729-2915 (Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural).

Pemodelan yang sudah dilakukan dalam program SAP 2000 ditunjukkan pada Gambar 5.2.



**Gambar 5.2** Model 3 Dimensi Struktur Gedung Parkir dan Kantor PT.Pelindo II dengan Dinding Geser Pelat Baja (*SPSW*)

## **5.2 Pembebanan Struktur Utama**

Pembebanan struktur berdasarkan pada peraturan SNI 1727-2013 (Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung

dan Struktur Lain) dan ASCE 7-2002 dengan rincian sebagai berikut:

### 1. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati merupakan seluruh bagian bangunan yang bersifat tetap dan tidak terpisahkan dari bangunan selama masa layannya. Beban mati yang dihitung pada struktur ini tertera sebagai berikut:

#### a. Pelat Atap

- Berat <i>waterproofing</i>	= 5 kg/m <sup>2</sup>
- Berat plafon	= 5 kg/m <sup>2</sup>
- Berat penggantung	= 10 kg/m <sup>2</sup>
- Berat ducting+plumbing	= 19,10 kg/m <sup>2</sup> +
$q_{Dtotal}$	= 39,10 kg/m <sup>2</sup>

#### b. Pelat Kantor

- Berat <i>waterproofing</i>	= 5 kg/m <sup>2</sup>
- Berat plafon	= 5 kg/m <sup>2</sup>
- Berat penggantung	= 10 kg/m <sup>2</sup>
- Berat keramik+spesi	= 110 kg/m <sup>2</sup>
- Berat ducting+plumbing	= 19,10 kg/m <sup>2</sup> +
$q_{Dtotal}$	= 149,10 kg/m <sup>2</sup>

#### c. Pelat Parkir

- Berat <i>waterproofing</i>	= 5 kg/m <sup>2</sup>
- Berat plafon	= 5 kg/m <sup>2</sup>
- Berat penggantung	= 10 kg/m <sup>2</sup>
- Berat aspal blok	= 144 kg/m <sup>2</sup>
- Berat ducting+plumbing	= 19,10 kg/m <sup>2</sup> +
$q_{Dtotal}$	= 183,10 kg/m <sup>2</sup>

#### d. Berat Sendiri Profil Baja

Berat sendiri profil baja sudah dihitung otomatis oleh program bantu SAP 2000 pada perencanaan struktur utama.

### 2. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup merupakan beban yang bertumpu pada bangunan yang memiliki kemungkinan lepas dari bangunan



tersebut. Beban hidup sudah termasuk perlengkapan ruangan dan dinding pemisah ringan (dinding partisi) yang beratnya tidak melebihi  $100 \text{ kg/m}^2$ . Dengan rincian beban hidup tertera sebagai berikut:

- a. Pelat atap  $= 96 \text{ kg/m}^2$
- b. Pelat lantai kantor  $= 240 \text{ kg/m}^2$
- c. Pelat lantai parkir  $= 400 \text{ kg/m}^2$

### 3. Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Kota Padang merupakan wilayah gempa zona tinggi sesuai zona wilayah gempa. Perhitungan beban gempa pada bangunan ini menggunakan analisa beban gempa dinamik, dengan menggunakan parameter sesuai SNI 03-1726-2012.

#### 5.2.1 Berat Total Bangunan

Berat dari beban bangunan merupakan total dari beban mati yang terdiri dari berat sendiri material-material konstruksi dan elemen-elemen struktur, serta beban hidup berasal dari penggunaan fungsi bangunan. Berat bangunan dihitung karena berat struktur bangunan sangat mempengaruhi besar beban gempa yang terjadi, karenanya berat total bangunan digunakan untuk menentukan gaya geser statik. Berat bangunan tersaji dalam Tabel 5.1 Rekapitulasi Berat Bangunan.

**Tabel 5.1** Rekapitulasi Berat Bangunan

LANTAI		Berat (kg)
Lantai 10	=	346232.9195
Lantai 9	=	1026177.742
Lantai 8	=	1026177.742
Lantai 7	=	1026177.742
Lantai 6	=	797198.0395
Lantai 5A	=	464400.3115
Lantai 5	=	797198.0395
Lantai 4A	=	464400.3115



LANTAI		Berat (kg)
Lantai 4	=	797198.0395
Lantai 3A	=	476868.51
Lantai 3	=	746613.4728
Lantai 2A	=	476868.51
Lantai 2	=	746613.4728
Lantai 1A	=	476868.51
Lantai 1	=	746613.4728
<b>Total Berat Bangunan (W)</b>		<b>= 10415606.840</b>

Dari hasil analisa SAP didapatkan total berat bangunan dari kombinasi 1D+1L sebesar 15340051,86 kg . Dengan maksimal selisih 5% dari hasil perhitungan manual dibandingkan dengan perhitungan SAP 2000, sebagai berikut:

- Selisih perhitungan antara manual dan SAP 2000 adalah  $15340051,86 - 10415605.84 = 4895404,96$  kg.
- $\frac{4895404,96}{15340051,86} \times 100\% = 0,31\% \leq 5\%$ , maka pemodelan bangunan dianggap mendekati bangunan aslinya.

### 5.2.2 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan pada saat perencanaan struktur bangunan diperlukan, seperti halnya pada saat konstruksi beban-beban yang bekerja pada struktur hanya beban mati saja dan beban hidup semntara akibat dari pekerja bangunan. Sedangkan pada masa layan terdapat beban-beban hidup permanen dari aktifitas pemakaian gedung dan barang barang yang terletak didalam gedung. Hal ini akan berpengaruh pada kuat rencana elemen struktur yang direncanakan berdasarkan kombinasi pembebanan terbesar akibat penjumlahan beban-beban yang bekerja.

Kombinasi pembebanan yang dipakai pada struktur gedung mengacu pada SNI-1726-2012 sebagai berikut:

- 1.4 DL
- 1.2 DL + 1.6 LL
- 1.2 DL + 1.0E + 1.0LL
- 0.9 DL + 1.0E

Keterangan:

- DL = Beban mati
- LL = Beban hidup
- E = Beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

Dua kombinasi pertama merupakan kombinasi pembebanan yang dipengaruhi oleh beban mati dan hidup saja. Sedangkan dua kombinasi pembebanan berikutnya telah dipengaruhi oleh beban gempa.

### 5.3 Pembebanan Gempa Dinamis

Pada modifikasi struktur gedung ini mempunyai ketinggian 32,2 meter dengan 6 lantai parkir, 3 lantai kantor dan 1 lantai atap. Perhitungan beban gempa pada struktur ini mengacu pada SNI 03-1726-2012 menggunakan analisis respon dinamik sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.

#### 5.3.1 Klasifikasi Tanah

Untuk mengetahui klasifikasi tanah ada pada kategori tertentu maka dilakukan test penetrasi tanah (SPT) sesuai data tanah daerah padang yang menjadi lokasi modifikasi struktur gedung parkir dan kantor PT.Pelindo II. Berikut merupakan perhitungan N rata-rata untuk menentukan jenis tanah pada tabel 5.2 Nilai N untuk Penentuan Jenis Tanah:

- $\tilde{N} \geq 50$  = Tanah Keras
- $15 \leq \tilde{N} < 50$  = Tanah Sedang
- $\tilde{N} < 15$  = Tanah Lunak

**Tabel 5.2** Nilai  $\tilde{N}$  untuk Penentuan Jenis Tanah

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal	N	Tebal/N
Lapisan 1	0.00	-	0.00	-
Lapisan 2	2.10	2.10	7.00	0.30
Lapisan 3	4.20	2.10	28.00	0.08
Lapisan 4	5.50	1.30	40.00	0.03
Lapisan 5	7.00	1.50	21.00	0.07
Lapisan 6	8.50	1.50	7.00	0.21
Lapisan 7	10.30	1.80	23.00	0.08
Lapisan 8	12.00	1.70	11.00	0.15
Lapisan 9	13.40	1.40	12.00	0.12
Lapisan 10	14.50	1.10	37.00	0.03
Lapisan 11	17.80	3.30	50.00	0.07
Lapisan 12	19.50	1.70	38.00	0.04
Lapisan 13	22.00	2.50	18.00	0.14
Lapisan 14	23.60	1.60	15.00	0.11
Lapisan 15	25.20	1.60	26.00	0.06
Lapisan 16	28.40	3.20	26.00	0.12
Lapisan 17	30.45	2.05	27.00	0.08
<b>Total</b>		<b>30.45</b>		<b>1.69</b>

$$\tilde{N} = \frac{30,45}{1,69} = 18,03 \rightarrow 15 \geq \tilde{N} \geq 50, \text{ Termasuk tanah sedang.}$$

Dari perhitungan nilai  $\tilde{N}$  didapatkan jenis **tanah sedang**.

### 5.3.2 Lantai Tingkat Sebagai Diafragma

Menurut SNI 03-1726-2012 Pasal 7.3.1.2 bahwa lantai dengan dek metal yang diberi penutup *topping* beton dapat



dianggap kaku dalam bidangnya dan karenanya dapat dianggap bekerja sebagai diafragma terhadap beban gempa horizontal.

### 5.3.3 Arah Pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah  $x$  dan  $y$  secara bolak-balik dan periodik. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

- Gempa Respon Spektrum X :  
100% efektifitas untuk arah X dan 30% efektifitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :  
100% efektifitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

### 5.3.4 Parameter Respon Spektrum Rencana

Pada penentuan respon spectrum rencana digunakan SNI 1726-2012 dengan beberapa parameter yang harus ditentukan, berikut merupakan parameter yang ditentukan sesuai peraturan berlaku:

- 1) Kategori Resiko Bangunan Gedung  
Sesuai dengan tabel 1 SNI 1726-2012, untuk gedung parkir dan kantor termasuk dalam Kategori Risiko II.
- 2) Faktor Keutamaan  
Sesuai dengan tabel 2 SNI 1726-2012, setelah didapatkan gedung termasuk risiko II maka ditentukan Faktor Keutamaan Gempa  $I_e = 1,0$ .
- 3) Kategori Desain Seismik  
Sesuai dengan klasifikasi tanah yang telah ditentukan sebelumnya, kota Padang memiliki klasifikasi tanah **SD** jenis tanah sedang sesuai dengan Tabel 3 SNI 1726-2012
- 4) Parameter Percepatan Gempa



Berdasarkan pada gambar 9 dan 10 peta zona gempa SNI 1726-2012 kota Padang memiliki nilai sebagai berikut:

$$S_s = 1,5g$$

$$S_1 = 0,6g$$

5) Faktor Koefisien Situs

Sesuai dengan tabel 4 dan 5 SNI 1726-2012 didapatkan nilai sebagai berikut:

$$F_a = 1,0$$

$$F_v = 1,5$$

6) Percepatan Spektral Desain

Sebelum menghitung percepatan spectral desain, dihitung dulu parameter spectrum respons percepatan peroida pendek ( $S_{MS}$ ) dan peroida 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs sesuai dengan perumusan (5) dan (6) pada SNI 1726-2012 sebagai berikut:

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,0 \times 1,5g = 1,5g$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 1,5 \times 0,6g = 0,9g$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 1,5g = 1g$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,9g = 0,6g$$

7) Parameter Struktur

Sesuai dengan Tabel 9 SNI 1726-2012 untuk sistem pelat dinding geser pelat baja dan beton komposit maka didapatkan nilai parameter struktur sebagai berikut:

$$R^a = 7,5$$

$$\Omega_0 = 2,5$$

$$C_d^b = 6$$

8) Model respon Spektrum

Untuk mengetahui grafik respon spectrum rencana sesuai dengan pasal 6.4 SNI 1726:2012 sebagai berikut:

a) Batasan Periode

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,6}{1} = 0,12 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,6}{1} = 0,6 \text{ detik}$$

- b) Respon Spektrum Percepatan Saat  $T < T_0$

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right), \text{ maka dicoba saat } T = 0 \text{ detik } S_a$$

$$\text{adalah } S_a = 1 \left( 0,4 + 0,6 \frac{0}{0,12} \right) = 0,4 \text{ g}$$

- c) Respon Spektrum Percepatan Saat  $T_0 \leq T \leq T_s$

$$S_a = S_{DS} = 1 \text{ g}$$

- d) Respon Spektrum Percepatan Saat  $T \geq T_s$

Karena  $T_s$  didapat nilai 0,6 detik maka dicoba  $T = 0,7$  detik untuk menentukan percepatan desain respon spectra ( $S_a$ ) sebagai berikut:

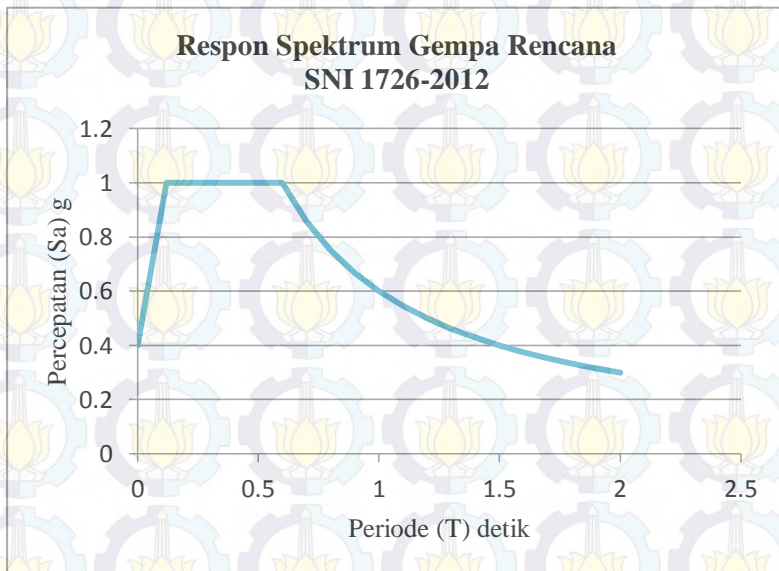
$$S_a = \frac{SD_1}{T} = \frac{0,6}{0,7} = 0,86 \text{ detik}$$

Untuk selanjutnya nilai periode fundapental ( $T$ ) dan nilai respon spectra ( $S_a$ ) akan ditabelkan pada Tabel 5.3

**Tabel 5.3** Nilai  $T$  dan  $S_a$

<b>T (detik)</b>	<b><math>S_a</math></b>
0	0.4
0.120	1
0.200	1
0.300	1
0.400	1
0.500	1
0.600	1
0.700	0.86
0.800	0.75
0.900	0.67
1.000	0.60
1.100	0.55
1.200	0.50

T (detik)	Sa
1.300	0.46
1.400	0.43
1.500	0.40
1.600	0.38
1.700	0.35
1.800	0.33
1.900	0.32
2.000	0.30



**Gambar 5.3** Grafik Spektrum Percepatan Gempa Wilayah Padang

Untuk mendistribusikan gempa dua arah x dan y maka beban di distribusikan 100% ke arah x dan 30% ke arah y, dan pada sumbu sebaliknya jika ditinjau. Maka nilai respon spektrum harus

dikalikan dengan faktor skala  $g \times \frac{I_e}{R}$  dengan  $g = 9,81$  m/det. Maka faktor skala adalah:

- Faktor skala arah  $-X = g \times \frac{I_e}{R} = 9,81 \times \frac{1}{7,5} = 1,308$
- Faktor skala arah  $-Y = 30\% \times 1,308 = 0,3924$
- Nilai redam struktur baja (*damping ratio*) = 0,05.

#### 5.4 Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 03-1726-2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- Kontrol partisipasi massa
- Kontrol waktu getar alami fundamental
- Kontrol nilai akhir respon spektrum
- Kontrol batas simpangan (*drift*)

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

##### 5.4.1 Kontrol Partisipasi Massa

Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikiannya agar partisipasi massa terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa asli dari masing-masing arah. Karenanya digunakan bantuan program SAP 2000 untuk mengeluarkan partisipasi massa seperti Tabel 5.4 Rasio Partisipasi Massa berikut:



**Tabel 5.4** Rasio Partisipasi Massa

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.995135	0.0003466	2.847E-09	3.862E-10
MODAL	Mode	2	0.920707	0.0003467	0.002592	2.431E-09
MODAL	Mode	3	0.920288	0.001179	0.002593	2.645E-09
MODAL	Mode	4	0.758414	0.001209	0.603	8.788E-07
MODAL	Mode	5	0.708028	0.001695	0.609	9.352E-07
MODAL	Mode	6	0.67274	0.595	0.609	0.000002755
MODAL	Mode	7	0.660188	0.617	0.615	0.00000278
MODAL	Mode	8	0.533273	0.617	0.615	0.000003859
MODAL	Mode	9	0.287282	0.617	0.852	0.000004978
MODAL	Mode	10	0.25806	0.84	0.852	0.00001357
MODAL	Mode	11	0.133366	0.842	0.945	0.00001357
MODAL	Mode	12	0.120125	0.94	0.946	0.00002136

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa arah X sebesar 90,4% pada modal ke 12 dan partisipasi massa arah Y sebesar 90,45% pada modal ke 11. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI-03-1726-2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkomposisi paling sedikit sebesar 90%.

#### 5.4.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental ( $T$ ) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 03-1726-2012, periode fundamental struktur harus ditentukan dari  $T_a = C_t \cdot h_n^x$ .

Nilai  $T_a$  di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atasnya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai  $S_{DI}$ .

Struktur gedung modifikasi memiliki tinggi 32,2 m. Pada struktur ini digunakan sistem rangka baja dengan dinding geser plat baja sehingga pada tabel 15 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai :

- $C_t = 0,0488$
- $x = 0.75$

-  $h_n = 32,2 \text{ m}$

maka :

Menghitung Periode Fundamental Perkiraan

-  $T_a = 0.0488 \times 32,2^{0.75}$   
 $= 0,659 \text{ s}$

Menghitung Batas Atas Periode Struktur

Nilai  $C_u = 1,4$  didapat dari tabel 14 SNI 03-1726-2012, untuk nilai  $S_{D1} = 0.6$  , maka :

-  $C_u \times T_a = 1,4 \times 0,659 = 0,923 \text{ s}$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapat,

**Tabel 5.5** Periode dan Frekuensi Struktur

OutputCase	StepNum	Period	Frequency
Text	Unitless	Sec	Cyc/sec
MODAL	1	0.995135	1.0049
MODAL	2	0.920707	1.0861
MODAL	3	0.920288	1.0866
MODAL	4	0.758414	1.3185
MODAL	5	0.708028	1.4124
MODAL	6	0.67274	1.4865
MODAL	7	0.660188	1.5147
MODAL	8	0.533273	1.8752
MODAL	9	0.287282	3.4809
MODAL	10	0.25806	3.8751
MODAL	11	0.133366	7.4981
MODAL	12	0.120125	8.3247

Pada hasil analisis SAP 2000 diperoleh  $T_c = 0,995 \text{ s}$ .

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1, Periode fundamental struktur (T) yang digunakan:

- Jika  $T_c > C_u \times T_a$  maka digunakan  $T = C_u \times T_a$
- Jika  $T_a < T_c < C_u \times T_a$  maka digunakan  $T = T_c$

- Jika  $T_c < T_a$  maka digunakan  $T = T_a$

Keterangan:

$T_c$  : Periode fundamental struktur yang diperoleh dari program analisa struktur

Dari hasil analisa program bantu analisa struktur maka didapat  $T_c = 0,995$  s,  $T_a = 0,659$  s dan  $C_u \times T_a = 0,923$  s. karena  $T_c > C_u \times T_a$  maka periode fundamental struktur yang digunakan adalah  **$T = C_u \times T_a = 0,923$  s.**

#### 5.4.3 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respon statik.

$V = C_s \times W$  (SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1)

Dimana,

$$C_{s \text{ perlu}} = \frac{S_{DS}}{R/I_e} = \frac{1}{7,5/1} = 0,133$$

Nilai  $C_s$  tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$C_{s1} = \frac{S_{D1}}{T \times \left( \frac{R}{I_e} \right)} = \frac{0,6}{0,923 \times \left( 7,5/1 \right)} = 0,086$$

$$C_{s2} = 0,044 S_{DS} \cdot I_e = 0,044 \times 1 \times 1 = 0,044 \geq 0,01 \text{ (Ok)}$$

Kontrol :

1.  $C_{s \text{ perlu}} \leq C_{s1} = 0,113 \geq 0,086 \rightarrow$  digunakan  $C_s = 0,086$
2.  $C_{s \text{ perlu}} \geq C_{s2} = 0,113 \geq 0,044 \rightarrow$  digunakan  $C_s = 0,113$

Karena struktur yang berlokasi didaerah dimana  $S_1$  sama dengan atau lebih besar dari 0,6 g maka  $C_s$  perlu tidak kurang dari :

$$C_{s3} = \frac{0,5 \cdot S_1}{\left( \frac{R}{I_e} \right)} = \frac{0,5 \times 0,6}{\left( \frac{7,5}{1} \right)} = 0,04$$

3.  $C_{s \text{ perlu}} \geq C_{s3} = 0,113 \geq 0,04 \rightarrow$  digunakan  $C_s = 0,113$



Dari ketiga hasil perhitungan diatas, apabila digunakan  $C_s = 0,113$  maka kontrol 1 tidak OK. Sehingga digunakan  **$C_s = 0,086$**

Kontrol Akhir *Base Reaction*.

Pada analisis yang sudah dilakukan, didapatkan nilai berat total struktur gedung pada kombinasi 1D+1L pada Tabel 5.6 sebagai berikut:

**Tabel 5.6** Reaksi Dasar Struktur

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Kgf	Kgf	Kgf
1.4D	-0.0000011	-6.266E-07	14117558.03
1.2D+1.6L	-0.000001116	-0.000001161	20510494.97
1.2D+0.5L+1RSX	1040290.72	283450.1	14731311.21
1.2D+0.5L+1RSX	-1040290.72	-283450.1	14726298.67
1.2D+0.5L+1RSY	314771.96	934345.32	14730373.34
1.2D+0.5L+1RSY	-314771.96	-934345.32	14727236.55
0.9D+1RSX	1040290.72	283450.1	9078079.29
0.9D+1RSX	-1040290.72	-283450.1	9073066.75
0.9D+1RSY	314771.96	934345.32	9077141.41
0.9D+1RSY	-314771.96	-934345.32	9074004.62
1D+1L	-8.941E-07	-8.374E-07	15340051.86

Berdasar hasil analisis output SAP Tabel 5.8 didapatkan berat total struktur adalah 15345850,93 kg. Maka:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{statik}} &= C_s \times W \\
 &= 0,086 \times 15340051,86 \text{ kg} \\
 &= 1328853,343 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Pada analisis SAP 2000 didapatkan nilai gaya geser (*base shear*) sesuai dengan Tabel 5.7 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

**Tabel 5.7** Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	Kgf	Kgf
1RSX	1040290.72	283450.1
1RSY	314771.96	934345.32

Selanjutnya dilakukan kontrol untuk arah X dan Y:

1) Untuk gempa arah X

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$1040290,72 \text{ kg} \geq 85\% \times 1328853,343 \text{ kg}$$

$$1040290,72 \text{ kg} \geq 1129525,342 \text{ kg} \dots (\text{Tidak Ok!})$$

2) Untuk gempa arah Y

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$934345,32 \text{ kg} \geq 85\% \times 1328853,343 \text{ kg}$$

$$934345,32 \text{ kg} \geq 1129525,342 \text{ kg} \dots (\text{Tidak Ok!})$$

Dari hasil kontrol gempa arah X dan Y masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Menurut Pasal 11.1.4 SNI 1726-2012 pasal 7.9.4.2 dijelaskan jika gaya geser dasar hasil analisis kurang dari 85%, maka harus diperbesar dengan faktor skala arah X dan Y sebagai berikut:

1) Arah X

$$\text{Faktor} = \frac{85\% V_{\text{statik}}}{V_{\text{dinamik arah-X}}} = \frac{1129525,342}{1040290,72} = 1,085$$

$$U1 = \left( g \times \frac{I}{R} \right) \times 1,085 = \left( 9,81 \times \frac{1}{7,5} \right) \times 1,085 = 1,42$$

$$U2 = 30\% \left( g \times \frac{I}{R} \right) \times 1,085 = 30\% \left( 9,81 \times \frac{1}{7,5} \right) \times 1,085 = 0,42$$

2) Arah Y

$$\text{Faktor} = \frac{85\% V_{\text{statik}}}{V_{\text{dinamik arah-Y}}} = \frac{1129525,342}{934345,32} = 1,208$$

$$U1 = 30\% \left( g \times \frac{I}{R} \right) \times 1,208 = 30\% \left( 9,81 \times \frac{1}{7,5} \right) \times 1,208 = 0,47$$

$$U2 = \left( g \times \frac{I}{R} \right) \times 1,208 = \left( 9,81 \times \frac{1}{7,5} \right) \times 1,208 = 1,58$$

Setelah mendapatkan faktor skala, maka dimasukan kembali faktor U1 dan U2 arah X dan Y, lalu di running ulang maka didapatkan gaya seperti pada Tabel 5.8

**Tabel 5.8** Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Dikali Faktor Skala

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	Kgf	Kgf
1RSX	1129525,34	307764,04
1RSY	380526,23	1129525,34

Dilakukan kontrol ulang terhadap gempa arah X dan Y sebagai berikut:

1) Untuk gempa arah X

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$1129525,34 \text{ kg} \geq 85\% \times 1328853,343 \text{ kg}$$

$$1129525,34 \text{ kg} \geq 1129525,342 \text{ kg} \dots (\text{OK})$$

2) Untuk gempa arah Y

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$1129525,34 \text{ kg} \geq 85\% \times 1328853,343 \text{ kg}$$

$$1129525,34 \text{ kg} \geq 1129525,342 \text{ kg} \dots (\text{OK})$$

Dari hasil kontrol diatas didapatkan bahwa analisis struktur memenuhi syarat SNI 1726-2012 pasal 7.8.

#### 5.4.4 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (*Drift*)

Hitungan simpangan antar lantai ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa tingkat paling atas dan tingkat paling bawah yang ditinjau. Jika pusat massa tidak terletak segaris dalam sumbu vertikal, maka diijinkan menghitung



defleksi pada tingkat paling bawah berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya.

$\Delta s$  dihitung dengan selisih terbesar dari defleksi titik di atas dan dibawah tingkat yang letaknya segaris secara vertikal. Defleksi pusat massa ditingkat x ( $\delta x$ ) ditentukan oleh persamaan berikut:

$$\delta x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \leq \Delta_a$$

Dimana,

$\delta_{xe}$  = Defleksi pada lantai ke -x yang ditentukan dengan analisis elastis

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi (6)

$I_e$  = Faktor keutamaan gedung (1)

$\Delta_a$  =  $0,020h_{sx}$

$\rho$  = Faktor redudansi (1)

**Tabel 5.9** Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah -X

Lantai	hi	$\delta_{xe}$	$\delta x$	$\Delta$	$\Delta a$	$\Delta a/\rho$	$\Delta \leq \Delta a/\rho$
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Lantai 10	4000	22.5247	135.15	14.53	80	80	OK
Lantai 9	4000	20.1034	120.62	21.10	80	80	OK
Lantai 8	4000	16.587	99.52	26.23	80	80	OK
Lantai 7	4000	12.2151	73.29	24.67	80	80	OK
Lantai 6	4000	8.1042	48.63	6.22	80	80	OK
Lantai 5A	5500	7.0672	42.40	5.96	110	110	OK
Lantai 5	3000	6.074	36.44	5.59	60	60	OK
Lantai 4A	3000	5.1423	30.85	5.27	60	60	OK
Lantai 4	3000	4.2648	25.59	5.19	60	60	OK
Lantai 3A	3000	3.4	20.40	4.92	60	60	OK
Lantai 3	3000	2.5804	15.48	4.66	60	60	OK
Lantai 2A	3000	1.8032	10.82	4.33	60	60	OK
Lantai 2	4200	1.081	6.49	3.27	84	84	OK
Lantai 1A	2700	0.5358	3.21	3.21	54	54	OK

**Tabel 5.10** Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa  
Arah –Y

Lantai	hi	$\delta x_e$ (mm)	$\delta x$ (mm)	$\Delta$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	$\Delta a/\rho$ (mm)	$\Delta \leq \Delta a/\rho$ (mm)
Lantai 10	4000	29.977	179.86	22.37	80	80	OK
Lantai 9	4000	26.2495	157.50	28.25	80	80	OK
Lantai 8	4000	21.5411	129.25	33.43	80	80	OK
Lantai 7	4000	15.9687	95.81	31.10	80	80	OK
Lantai 6	4000	10.7846	64.71	13.50	80	80	OK
Lantai 5A	5500	8.5341	51.20	3.59	110	110	OK
Lantai 5	3000	7.9353	47.61	9.45	60	60	OK
Lantai 4A	3000	6.3596	38.16	4.32	60	60	OK
Lantai 4	3000	5.6398	33.84	7.70	60	60	OK
Lantai 3A	3000	4.3571	26.14	4.90	60	60	OK
Lantai 3	3000	3.5405	21.24	6.48	60	60	OK
Lantai 2A	3000	2.4599	14.76	5.08	60	60	OK
Lantai 2	4200	1.613	9.68	4.79	84	84	OK
Lantai 1A	2700	0.8145	4.89	4.89	54	54	OK

Maka, dari hasil kontrol pada Tabel 5.10 Simpangan Arah – X dan Tabel 5.11 Simpangan arah –Y didapatkan hasil analisis memenuhi persyaratan sesuai SNI 1726-2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

## BAB VI

### PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

#### 6.1. Analisis Struktur

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dan dikontrol gempa bahwa bangunan mendekati bangunan aslinya, maka tahap selanjutnya adalah dengan melakukan analisis struktur melalui kontrol terhadap struktur utama dengan menggunakan peraturan berlaku yaitu SNI 1729-2015. Tahapan analisa dibagi menjadi 3 yaitu perencanaan struktur primer balok utama, kolom, dan *steel plate shear wall*.

#### 6.2. Perencanaan Struktur Balok

Berikut ini merupakan contoh perhitungan balok induk memanjang pada lantai satu. Dari hasil SAP 2000 dari kzombinasi terbesar terdapat pada frame 646 diperoleh:

$$\begin{aligned} M_u &= 25468,64 \text{ kg.m} \\ V_u &= 12447,22 \text{ kg} \\ F^0 &= 0,004628 \text{ m} = 0,4628 \text{ cm} \end{aligned}$$

Balok induk lantai dasar memanjang direncanakan menggunakan profil WF 450 x 200 x 9 x 14, dengan  $F_y$  250 Mpa (BJ 41), dengan data-data sebagai berikut:

$w = 97,76 \text{ kg/m}$	$r = 18 \text{ mm}$
$d = 450 \text{ mm}$	$Z_x = 1621 \text{ cm}^3$
$bf = 200 \text{ mm}$	$Z_y = 289 \text{ cm}^3$
$tw = 9 \text{ mm}$	$ix = 18,6 \text{ cm}$
$tf = 14 \text{ mm}$	$iy = 4,4 \text{ cm}$
$I_x = 33500 \text{ cm}^4$	$h = d - 2(tf + r)$
$I_y = 1870 \text{ cm}^4$	$= 386 \text{ mm}$
$E = 200000$	

- 1) Cek Penampang
- Pelat Sayap

$$\lambda \leq \lambda_p \Rightarrow \frac{b}{2tf} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \Rightarrow \frac{200}{2 \times 14} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$



7,14 ≤ 10,75 (Penampang Kompak)

- Pelat Badan

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{386}{9} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

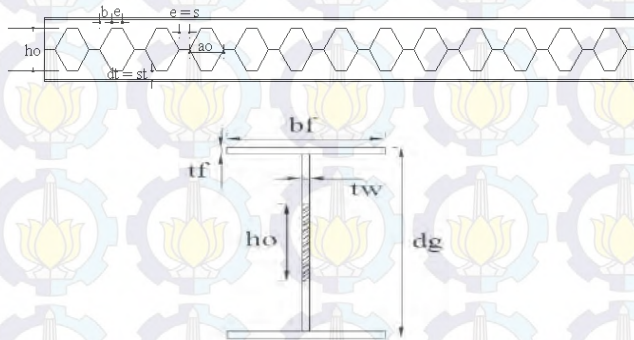
42,89 ≤ 106,35 (Penampang Kompak)

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p = M_n &= Z_x \times f_y = 1621 \times 2500 \\ &= 4052500 \text{ kg.cm} = 40525 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi M_n &= 0,9 \times M_n = 0,9 \times 4052500 \\ &= 3647250 \text{ kg.cm} = 36472,5 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

## 2) Profil Castellated Beam



**Gambar 6.1** Detail Potongan Castellated Beam

$$\Phi = 60^\circ$$

$$\tan \Phi = 1,73$$

Dimensi profil castellated beam:

-  $K1 = 1,25$

-  $h = d(K1 - 1) = 450 \times (1,25 - 1) = 112,5 \text{ mm}$

-  $dg = d + h = 450 + 112,5 = 563 \text{ mm}$

-  $b = \frac{h}{\tan \phi} = \frac{112,25}{\tan 60} = 64,95 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 - \quad dT &= st = \frac{dg-2tf}{2} \cdot h = \frac{563-2 \times 14}{2} \cdot 112,5 = 155 \text{ mm} \\
 - \quad e &= 2h = 2 \times 112,5 = 225 \text{ mm} \\
 - \quad a_0 &= 2b + e = 2 \times 64,95 + 225 = 354,9 \text{ mm} \\
 - \quad h_0 &= 2h = e = 225 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka, profil WF menjadi profil castellated  
563×200×9×14 dengan data-data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 d &= 563 \text{ mm} & h &= 200 \text{ mm} \\
 bf &= 200 \text{ mm} & a_0 &= 354,9 \text{ mm} \\
 tw &= 9 \text{ mm} & r &= 18 \text{ mm} \\
 tf &= 14 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

a)  $I_x$  dan  $Z_x$  Castellated Tanpa Lubang

$$\begin{aligned}
 I_x &= \frac{1}{12} b \cdot d_g^3 - \left( 2 \times \frac{1}{12} \times \left( \frac{b - t_w}{2} \right) (d_g - 2t_f)^3 \right) \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 200 \cdot 563^3 - \left( 2 \times \frac{1}{12} \times \left( \frac{200 - 9}{2} \right) (563 - 2 \cdot 14)^3 \right) \\
 &= 536900648 \text{ mm}^4 = 53690,06 \text{ cm}^4 \\
 Z_x &= \frac{t_w \times d^2}{4} + (b - t_w) \times (d - t_f) \times t_f \\
 &= \frac{9 \times 563^2}{4} + (200 - 9) \times (563 - 14) \times 14 \\
 &= 2181206,25 \text{ mm}^3 = 2181,21 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

b)  $I_x$  dan  $Z_x$  Castellated Lubang

$$\begin{aligned}
 I_x &= \frac{1}{12} b \cdot d_g^3 - \left( 2 \times \frac{1}{12} \times \left( \frac{b - t_w}{2} \right) (d_g - 2t_f)^3 \right) - \left( \frac{1}{12} \times t_w \times (d_g - 2t_f - 2h)^3 \right) \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 200 \cdot 563^3 - \left( 2 \times \frac{1}{12} \times \left( \frac{200 - 9}{2} \right) (563 - 2 \cdot 14)^3 \right) - \left( \frac{1}{12} \times 9 \times (563 - 2 \cdot 14 - 2 \cdot 200)^3 \right) \\
 &= 535055366,67 \text{ mm}^4 = 53505,54 \text{ cm}^4 \\
 Z_x &= \left( \frac{1}{4} \times b \times d_g^2 \right) - \left( 2 \times \frac{1}{4} \times \left( \frac{b - t_w}{2} \right) \times (d_g - 2t_f)^2 \right) - \left( \frac{1}{4} \times t_w \times h_0^2 \right)
 \end{aligned}$$

$$= \left( \frac{1}{4} \times 200 \times 563^2 \right) - \left( 2 \times \frac{1}{4} \times \left( \frac{200-9}{2} \right) \times (563-2.14)^2 \right) - \left( \frac{1}{4} \times 9 \times 200^2 \right)$$

$$= 2091206,25 \text{ mm}^3 = 2091,21 \text{ cm}^3$$

### 3) Kontrol Kuat Momen Lentur

#### a) Kontrol pelat sayap (solid)

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{b}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{200}{2 \times 14} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$7,14 \leq 10,75 \text{ (Penampang Kompak)}$$

#### b) Kontrol pelat badan (solid)

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{563 - (2 \times (14 + 18))}{9} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$55,44 \leq 106,35 \text{ (Penampang Kompak)}$$

#### c) Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$ (solid)

$$M_p = M_n = Z_x \times F_y$$

$$= 2181,21 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 5453015,63 \text{ kg.cm} = 54530,16 \text{ kg.m}$$

$$\Phi M_n = 0,9 \times M_n$$

$$= 0,9 \times 5453015,63 \text{ kg.cm}$$

$$= 4651425 \text{ kg.cm} = 46514,25 \text{ kg.m}$$

Kontrol  $\Phi M_n \geq M_u$

$$46514,25 \text{ kg.m} \geq 25468,64 \text{ kg.m (OK)}$$

#### d) Kontrol pelat badan ketika lubang

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{d_r}{t_w} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{155}{9} \leq \frac{170}{\sqrt{250}}$$

$$17,22 \leq 10,75 \text{ (Penampang Tidak Kompak)}$$



$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} = \frac{370}{\sqrt{250 - 70}} = 27,58$$

e) Karena penampang tidak kompak (Lubang), maka

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p}$$

$$\begin{aligned} M_r &= S_x (f_y - f_r) = \frac{2091,02}{1,5} \times (2500 - 700) \\ &= 2509448 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 2181,21 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 5453016 \text{ kg.cm} = 54530,16 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$M_n = 5453016 - (5453016 - 2509448) \frac{17,22 - 10,75}{27,58 - 10,75}$$

$$= 4321088,30 \text{ kg.cm} = 43210,88 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned} \Phi M_n &= 0,9 \times M_n = 0,9 \times 4321088,30 \text{ kg.cm} \\ &= 3888979,47 \text{ kg.cm} = 38889,79 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Kontrol

$$\Phi M_n \geq M_u$$

$$38889,79 \text{ kg.m} \geq 25468,64 \text{ kg.m} \rightarrow \text{OK.}$$

4) Kontrol Kuat Geser

Syarat ASCE 3.2 hal 3326-3327

$$\frac{dg - 2t_f}{t_w} \leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{563 - 2.14}{9} \leq \frac{1365}{\sqrt{250}} \rightarrow 59,44 \leq 86,33 \text{ (OK)}$$

$$\frac{dg - 2t_f}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{563 - 2.14}{9} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}} \rightarrow 59,44 \leq 69,57 \text{ (OK)}$$

Maka pelat badan termasuk plastis.

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

a) Perbandingan lebar terhadap tinggi lubang

$$\frac{a_0}{h_0} = \frac{354,9}{225} = 1,58 \leq 3,00 \text{ (OK)}$$

b) Parameter lubang

$$P_0 = \frac{a_0}{h_0} + \frac{6h_0}{d} = \frac{354,90}{225} + \frac{6 \times 225}{563} = 3,98 \leq 5,60 \text{ (OK)}$$

c) Kapasitas geser nominal maksimum pada lubang

$$V_p = f_y \times t_w \times \frac{d_g}{\sqrt{3}} = 2500 \times 0,9 \times \frac{56,3}{\sqrt{3}} = 73135,85 \text{ kg}$$

Untuk tee atas dan tee bawah

$$V_{nt} \leq V_{pt}$$

$$V_{pt} = 2500 \times 0,9 \times \frac{15,5}{\sqrt{3}} = 20135,09 \text{ kg}$$

$$\mu = 0$$

$$V = \frac{a_0}{d_T} = \frac{354,9}{155} = 2,29$$

$$\frac{\sqrt{6} + \mu}{v + \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{6} + 0}{2,29 + \sqrt{3}} = 0,61 \leq 1,00 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} V_{nt} &= \frac{\sqrt{6} + \mu}{v + \sqrt{3}} \times V_{pt} = \frac{\sqrt{6} + 0}{2,29 + \sqrt{3}} \times 20135,09 \\ &= 12263,48 \leq V_{pt} = 20135,09 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= \Sigma V_{nt} = 2 \times V_{nt} = 2 \times 12263,48 \\ &= 24526,97 \text{ kg} \leq \frac{2}{3} V_p = 48757,23 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\Phi V_n = 0,9 \times V_n = 0,9 \times 24526,97 = 22074,27 \text{ kg}$$

Kontrol kuat geser:

$$V_n \geq V_u = 22074,27 \text{ kg} \geq 12447,22 \text{ kg (OK)}$$

## 5) Persamaan Interaksi

$$\left(\frac{M_u}{\Phi M_n}\right)^3 \times \left(\frac{V_u}{\Phi V_n}\right)^3 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{25468,64}{38889,79}\right)^3 \times \left(\frac{12447,22}{22074,27}\right)^3 \leq 1,0$$

$$0,46 \leq 1,00 \text{ (OK)}$$

## 6) Kontrol Jarak Antar Lubang

$$S = 2(b+e) = 2 \times (64,95 + 225) = 579,90 \text{ mm} = 57,99 \text{ cm}$$

$$S \geq h_0 = 579,90 \text{ mm} \geq 225 \text{ mm (OK)}$$

$$S \geq a_0 = 579,90 \text{ mm} \geq 354,9 \text{ mm (OK)}$$

$$S \geq a_0 \left( \frac{\frac{V_u}{\phi V_p}}{1 - \frac{V_u}{\phi V_p}} \right)$$

$$579,90 \geq 354,90 \times \left( \frac{\frac{12447,22}{0,9 \times 73135,85}}{1 - \frac{12447,22}{0,9 \times 73135,85}} \right)$$

$$579,90 \text{ mm} \geq 82,76 \text{ mm (OK)}$$

## 7) Kontrol Lendutan

$$f_{\text{ijin}} = \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2,22 \text{ cm}$$

$$f(\text{SAP}) = 0,46 \text{ cm}$$

$$f_{\text{terjadi}} \leq f_{\text{ijin}} = 0,46 \text{ cm} \leq 2,22 \text{ cm (OK)}$$

Jadi Profil Castellated Beam  $563 \times 200 \times 9 \times 14$  dapat digunakan sebagai balok induk memanjang lantai dasar. Untuk perhitungan balok lainnya digunakan cara yang sama untuk kemudian hasilnya akan ditabelkan pada tabel di akhir bab.



### 6.3. Perencanaan Struktur Kolom

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai 1. Direncanakan komposit CFT dengan profil HSS 800×800×25×25 dan panjang kolom 420 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

$d = 800 \text{ mm}$	$I_x = 776615 \text{ cm}^4$
$b_f = 800 \text{ mm}$	$I_y = 776615 \text{ cm}^4$
$t_w = 25 \text{ mm}$	$i_x = 31.66 \text{ cm}$
$t_f = 25 \text{ mm}$	$i_y = 31.66 \text{ cm}$
$A = 775 \text{ cm}^2$	$S_x = 19415 \text{ cm}^3$
$Z_x = 22531 \text{ cm}^3$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$h = 750 \text{ mm}$	

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan gaya dalam pada kombinasi aksial terbesar frame 134 yang bekerja sebagai berikut:

$$P_u = 1048844,88 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 39409,27 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 103673,39 \text{ kgm}$$

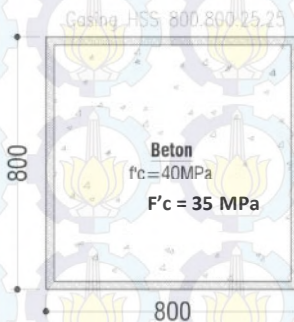
Bahan :

BJ 41,

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beton, } f_c' = 35 \text{ Mpa} = 350 \text{ kg/cm}^2$$



**Gambar 6.2** Penampang Kolom Komposit CFT dengan Profil HSS 800×800×25×25

## 1) Kontrol Kuat Nominal Tekan Kolom Komposit

## a) Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% = \frac{775}{5625 + 775} = 12.11\% \geq 4\% \dots \text{OK!}$$

## b) Kontrol tebal minimum penampang persegi

$$t_{\min} = b \times \sqrt{\frac{f_y}{3E}}$$

$$t_{\min} = 800 \times \sqrt{\frac{250}{3 \times 2 \times 10^5}} = 16,33 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm} \dots \text{OK!}$$

## c) Kuat nominal tekan kolom komposit

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{800}{2 \times 25} = 16$$

$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2.26 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63.92$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 16 \leq 63,92 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan untuk penampang kompak diperhitungkan sebagai berikut (Pasal 12.2b SNI 1729-2015 hal 93):

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = f_y A_s + C_2 f_c' \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

$$P_p = 2500 \times 775 + 0.85 \times 350 (5625 + 0)$$

$$P_p = P_{no} = 3610937,5 \text{ kg}$$

## 2) Momen Nominal Kolom

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{800}{2 \times 25} = 16$$

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,12 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 31,678$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 16 \leq 31,678 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 22531 = 56327500 \text{ kg.cm} \\ &= 563275 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 563275 \\ &= 506947,50 \text{ kg.m} \\ 506947,50 &\geq 39409,27 \dots \text{ OK} \end{aligned}$$

3) Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah tinggi kolom- $d_{\text{balok}}$

$$L_b = 420 - 56,3 = 363,7 \text{ cm.}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 31,66 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 1576,04 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 363,7 \text{ cm} \leq 1576,0448 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

Karena bentang pendek, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 22531 = 56327500 \text{ kg.cm} \\ &= 563275 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 563275 \\ &= 506947,5 \text{ kg.m} \\ 506947,5 \text{ kg.m} &\geq 39409,27 \text{ kg.m} \text{ OK} \end{aligned}$$

4) Kontrol kekuatan lentur orde kedua

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

Dimana :



$$C_m = 0.6 - 0.4(M_1/M_2)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_r / P_{e1}} \geq 1.00$$

(SNI 1729;2015 Lampiran 8 pasal 8.2.1)

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2}; K_1 = 1.0$$

(DFBK) (SNI 1729;2015 Lampiran 8 pasal 8.2.1)

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e-story}}}; \alpha = 1$$

a) Arah sumbu X

- Kontrol momen terhadap beban gravitasi  
Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$M_1 = 10689,72 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = 39409,27 \text{ kg.m}$$

$$M_{nt} = 5648,03 \text{ kg.m}$$

$$M_{lt} = 43358,89 \text{ kg.m}$$

$$C_m = 0,491$$

$$P_{e1} = 27662222 \text{ kg}$$

$$P_r = 1048844,88 \text{ kg}$$

$$B_1 = 0,51 < 1.0 \text{ maka digunakan } 1.0$$

- Kontrol momen terhadap beban lateral

Dari SAP2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$P_{story} = 299960,63 \text{ kg}$$

$$P_{mf} = 196576,16 \text{ kg}$$

$$R_m = 1 - 0,15(P_{mf}/P_{story})$$

$$= 1 - 0,15(196576,16 / 299960,63)$$

$$= 0,901$$

$$\Delta H = 3,21 \text{ mm (simpangan lantai 1 arah X)}$$

$$H = 43358,89 \text{ (geser tingkat dari gaya lateral)}$$

$$L = 4200 \text{ mm}$$

$$P_{e \text{ story}} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} = 0,901 \frac{43358,89 \times 4200}{3,21}$$

$$= 51078141,1 \text{ kg}$$

$$B_2 = 1,005 > 1.0 \text{ maka digunakan } 1,005$$

- Momen terfaktor pada sumbu X

$$M_{rx} = B1 \times Mnt + B2 \times Mlt$$

$$= 1 \times 5648,03 + 1,005 \times 43358,89$$

$$= 49263,0528 \text{ kg.m}$$

b) Arah sumbu Y

- Kontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$M_1 = 15741,39 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = 103673,39 \text{ kg.m}$$

$$Mnt = 6619,98 \text{ kg.m}$$

$$Mlt = 70544,01 \text{ kg.m}$$

$$C_m = 0,539$$

$$P_{e1} = 27662222 \text{ kg}$$

$$B_1 = 0,560 < 1.0 \text{ maka digunakan } 1.0$$

- Kontrol momen terhadap beban lateral

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$P_{\text{story}} = 1940505,82 \text{ kg}$$

$$P_{mf} = 1557438,31 \text{ kg}$$

$$R_m = 1 - 0,15(P_{mf}/P_{\text{story}})$$

$$= 1 - 0,15 (1557438,31 / 1940505,82)$$

$$= 0,879$$

$$\Delta H = 4,89 \text{ mm (simpangan lantai 1 arah Y)}$$

$$H = 70544,01 \text{ (geser tingkat dari gaya lateral)}$$

$$L = 4200 \text{ mm}$$

$$P_{e \text{ story}} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} = 0,879 \frac{70544,01 \times 4200}{4,89}$$

$$= 53328294,9 \text{ kg}$$

$$B_2 = 1,037 > 1.0 \text{ maka digunakan } 1,037$$

- Momen terfaktor pada sumbu Y

$$\begin{aligned} M_{ry} &= B1 \times Mnt + B2 \times Mlt \\ &= 1 \times 6619,98 + 1,037 \times 70544,01 \\ &= 79827,87 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

5) Kekuatan aksial orde kedua

$$\begin{aligned} Pnt &= 1048844,88 \text{ kg} \\ Plt &= 383067,51 \text{ kg} \\ Pr &= Pnt + B2 \times Plt \\ &= 1048844,88 + 1,037 \times 383067,51 \\ &= 1446377,79 \text{ kg} \end{aligned}$$

6) Kontrol interaksi aksial dan momen kolom

$$\begin{aligned} Pr &= 1446377,79 \text{ kg} \\ Pc &= 0,9 \times Pno = 0,9 \times 3610937,5 = 3249843,8 \text{ kg} \\ Pr/Pc &= 1446377,79 / 3249843,8 \\ &= 0,445 > 0,2, \text{ maka digunakan rumus interaksi :} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{Pr}{Pc} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) &\leq 1,0 \\ 0,445 + \frac{8}{9} \left( \frac{49263,052}{506947,5} + \frac{79827,873}{506947,5} \right) &\leq 1,0 \end{aligned}$$

$$0,67 \leq 1 \text{ OK}$$

Maka, profil HSS 800 x 800 x 25 x 25 dapat digunakan sebagai profil kolom.

#### 6.4. Perencanaan *Steel Plate Shear Wall*

##### 6.4.1 Desain Dinding Geser Plat Baja

Berikut ini adalah perhitungan dinding geser plat baja dan pengaruhnya terhadap balok (*HBE*) dan kolom (*VBE*). Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan gaya pada dinding geser yaitu:

$$\begin{aligned} Vu &= 62757,89 \text{ kg} \\ Pu &= 107114,66 \text{ kg} \end{aligned}$$

Bahan,

$$BJ 41, f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$



$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

Dimensi :

$$L \times h = 8 \text{ m} \times 3 \text{ m}$$

1) Tebal dinding geser

Asumsi sudut tarik SPSW  $30^\circ$  dari VBE.

$$\phi V_n = 0.90 \times 0.42 \times f_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha)$$

$$0,85 \times 62757,89 = 0.90 \times 0.42 \times 2500 \times t_w \times 800 \times \sin(2 \times 30^\circ)$$

$$t_w = 0.09 \text{ cm digunakan } t_{wmin} = 0.3 \text{ cm}$$

2) Sudut tarik aktual sesuai ketebalan SPSW

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt{\frac{1 + \frac{t_w L}{2A_c}}{1 + t_w h \left[ \frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360I_c L} \right]}}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt{\frac{1 + \frac{0.3 \times 800}{2 \times 775}}{1 + 0.3 \times 300 \left[ \frac{1}{307.6} + \frac{400^3}{360 \times 776615 \times 800} \right]}}$$

$$\alpha = 44.13^\circ \text{ memenuhi syarat } 30^\circ < \alpha < 55^\circ$$

3) Kekuatan geser aktual SPSW

$$\phi V_n = 0.90 \times 0.42 \times f_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha)$$

$$\phi V_n = 0.90 \times 0.42 \times 2500 \times 0.3 \times 800 \times \sin(2 \times 44,13^\circ)$$

$$\phi V_n = 226696,176 \text{ kg} > 62757,89 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

#### 6.4.2 Kontrol Desain Balok (HBE)

Balok untuk dinding geser direncanakan dengan profil WF 800×300×16×32.

$$W = 241 \text{ kg/m}$$

$$r = 28 \text{ mm}$$

$$A = 307.6 \text{ cm}^2$$

$$Z_x = 9287 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 t_w &= 16 \text{ mm} & i_y &= 6.7 \text{ cm} \\
 b_f &= 302 \text{ mm} \\
 t_f &= 30 \text{ mm} & I_x &= 339000 \text{ cm}^4 \\
 d &= 808 \text{ mm} & I_y &= 9020 \text{ cm}^4 \\
 h_w &= 808 - 2(30 + 22) = 692 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Balok perlu dikontrol akibat adanya distribusi gaya dari *SPSW*.

1) Momen pada balok (*HBE*) akibat *SPSW*

$$M_u = \frac{q_u L_h^2}{8} + P_u \left( \frac{L}{3} - \frac{d_c}{2} - \frac{d_b}{2} \right)$$

Menentukan nilai  $q_u$

$$q_u = R_y f_y (t_{w1} \cos^2 \alpha_1 - t_{w2} \cos^2 \alpha_2)$$

$$q_u = 1.3 \times 2500 (0.3 \times \cos^2 44,13^\circ - 0.3 \times \cos^2 44,13^\circ)$$

$$q_u = 0 \text{ kg/cm}$$

Panjang beban terbagi merata  $q_u$

$$L_h = L - 2 \left[ \frac{1}{2} (d_c + d_b) \right]$$

$$L_h = 800 - 2 \left[ \frac{1}{2} (80 + 80.8) \right]$$

$$L_h = 639,2 \text{ cm}$$

Jadi momen pada balok akibat *SPSW*

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{0 \times 639,2^2}{8} + 107114,66 \left( \frac{693,2}{2} - \frac{80}{2} - \frac{80,8}{2} \right) \\
 &= 14210544,9 \text{ kgcm} = 142105,4 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

2) Gaya aksial pada balok (*HBE*)

$$P_{HBE} = P_{HBE(VBE)} \pm \frac{1}{2} P_{HBE(web)}$$

$$P_{HBE(VBE)} = \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w h_c$$

$$h_c = h - h_b = 300 - 80,8 = 219,2 \text{ cm}$$

$$P_{HBE(VBE)} = \frac{1}{2} \times 1.5 \times 2500 \times \left[ \sin^2(43.13^\circ) \times 0.3 \times 219.2 + \sin^2(43.113^\circ) \times 0.3 \times 219.2 \right]$$

$$P_{HBE(VBE)} = 119569,6 \text{ kg}$$

$$P_{HBE(web)} = \frac{1}{2} R_y f_y \left[ t_1 \sin(2\alpha_1) - t_{1+1} \sin(2\alpha_{1+1}) \right] L_{cf}$$

$$L_{cf} = L - d \text{ kolom} = 800 - 80 = 720 \text{ cm}$$

$$P_{HBE(web)} = \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2500 \times \left[ 0,3 \times \sin(2 \times 44,13) - 0,3 \sin(2 \times 44,13) \right] 720$$

$$P_{HBE(web)} = 0 \text{ kg}$$

Nilai  $P_{HBE}$  pada balok akibat distribusi gaya dari *SPSW* adalah:

$$P_{HBE} = 119569,6 \pm \frac{1}{2} \times 0$$

$$P_{HBE} = 119569,6 \text{ kg (tekan)}$$

Nilai  $P_{HBE}$  pada balok merupakan aksial tekan, sehingga perlu diperhitungkan dengan analisis orde kedua pendekatan.

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1 / P_{e1}} \geq 1.00$$

$$C_m = 1.0$$

$$KL = 1 \times 800 = 800 \text{ cm}$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2}$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 (2 \times 10^6) \times (339000)}{(800)^2}$$

$$P_{e1} = 10445014 \text{ kg}$$



$$B_1 = \frac{1}{1 - \frac{1 \times 119569,6}{10445014}} = 1.011 \geq 1.0$$

Karena nilai  $B_1 = 1.011$ , maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan berikut:

$$P_r = P_u = 107114,66 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_r &= B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \\ &= 1,011 \times 142105,44 = 143751,04 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

3) Gaya geser pada balok (*HBE*) akibat *SPSW*

Gaya geser dihitung dengan sebagai berikut:

$$V_u = \frac{2M_{pr}}{L_h} + V_{ug}$$

Momen lentur balok,  $M_{pr}$ , dihitung dengan berdasarkan  $V_u$  balok yang telah diperlemah (*strength reduced*). Perlemahan diasumsikan 2/3 dari modulus penampang plastik balok.

$$\begin{aligned} M_{pr} &= 1.1 R_y f_y Z_{RBS} \\ &= 1.1 \times 1,5 \times 2500 \times (2/3 \times 9287) \\ &= 225539250 \text{ kgcm} \\ &= 255392,5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Gaya aksial *HBE* pada sambungan mungkin digunakan untuk menghitung kekuatan lentur yang telah diperlemah pada sendi plastis.

$$\begin{aligned} P_y &= f_y A_g \\ &= 2500 \times 307,6 \\ &= 769000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{P_y} &= \frac{119569,6}{769000} \\ &= 0.155 < 0.2, \text{ maka digunakan rumus:} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{pr}^* &= \left( M_{pr} \right) \left[ 1 - \frac{P_{u(HBE)}}{P_y} \right] \\
 &= 255392,5 \times [1 - 0,155] \\
 &= 215682,254 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$V_{ug}$  yang merupakan gaya geser akibat beban gravitasi merupakan hasil output SAP 2000.

$$V_{ug} = 37614,62 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{2 \times 215682,254}{8} + 37614,62 \\
 &= 91535,18 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4) Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

a) Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{302}{2 \times 30} = 5,03$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,74$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 5,03 \leq 10,74 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{692}{16} = 43,25$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,34$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 43,25 \leq 106,34 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}
 M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 9287 \\
 &= 23217500 \text{ kgcm} \\
 &= 232175 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned}\phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 232175 \\ &= 208957,50 \text{ kgm} > 143751,04 \text{ kgm} \text{ OK}\end{aligned}$$

- b) Kontrol penampang terhadap tekuk lateral  
Panjang tak terkekang adalah jarak antar *shear conector* sesuai tabel perencanaan bondex sehingga  $L_b = 40 \text{ cm}$ .

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 6.70 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 333,52 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 40 \text{ cm} \leq 333,52 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

Karena bentang pendek, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 9287 \\ &= 23217500 \text{ kgcm} \\ &= 232175 \text{ kgm}\end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned}\phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 232175 \\ &= 208957,5 \text{ kgm} > 143751,04 \text{ kgm} \text{ OK}\end{aligned}$$

- 5) Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{692}{16} = 43,25 ; 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 43,25 \leq 69,57$$

maka  $C_v = 1.00$ ; sehingga

$$\begin{aligned}V_n &= 0.6 f_y A_w C_v \\ &= 0.6 \times 2500 \times (80.8 \times 1.60) \times 1.00 \\ &= 193920 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0.9 \times 193920 \\ &= 174528 \text{ kg} > 91535,18 \text{ kg} \text{ OK}\end{aligned}$$



6) Kekuatan tekan balok (*HBE*)

$$L = 800 \text{ cm}$$

$$K_c = 1.00$$

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_{\min}}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{\left(\frac{1.00 \times 800}{6.70}\right)^2} = 1383,117 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_y}{f_e} = \frac{2500}{1383,117} = 1,80$$

karena  $\frac{f_y}{f_e} = 1,80 < 2,25$  maka  $f_{cr}$  ditentukan dengan:

SNI 1729-2015 E7-2

$$F_{cr} = 0,658^{\frac{f_y}{f_e}} \times f_y = 0,658^{\frac{2500}{1383,117}} \times 2500 = 1173,22 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_n = f_{cr} \times A_g = 1173,22 \times 307,6 = 360883,92 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \times 360883,92 = 306751,33 \text{ kg} > 119569,59 \text{ kg OK}$$

7) Interaksi aksial dan lentur balok (*HBE*)

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{119569,59}{306751,33} = 0,389 > 0,2 \text{ Maka digunakan Rumus H1-}$$

1a SNI 1729-2015 sebagai berikut:

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_r}{M_c} \right) = 0,389 + \frac{8}{9} \left( \frac{143751,04}{208957,5} \right) = 1,00 \leq 1,0 \text{ OK}$$

8) Kontrol momen inersia balok (*HBE*) terhadap *SPSW*

$$I_{HBE} \geq 0.003 \frac{(\Delta t_w) L^4}{h}$$

$$339000 \text{ cm}^4 \geq 0.003 \frac{(0,3 - 0,3) \times 800^4}{300}$$

$$339000 \geq 0.00 \text{ OK}$$

9) Kontrol ketebalan plat badan balok (*HBE*)

$$t_{wHBE} \geq \frac{t_w R_y f_y}{f_{yHBE}}$$

$$1,6 \text{ cm} \geq \frac{0,3 \times 1,5 \times 2500}{2500}$$

$$1,6 \text{ cm} \geq 0.39 \text{ cm OK}$$

Balok  $800 \times 300 \times 16 \times 30$  aman digunakan untuk balok (*HBE*) komponen *SPSW*.

#### 6.4.3 Kontrol Desain Kolom (*VBE*)

Kolom pada dinding geser direncanakan komposit CFT dengan profil HSS  $800 \times 800 \times 25 \times 25$  dengan mutu inti beton  $f_c = 35 \text{ MPa}$  dan panjang kolom  $300 \text{ cm}$ . Data-data profil disajikan sebagai berikut :

$d = 800 \text{ mm}$	$I_x = 776615 \text{ cm}^4$
$b_f = 800 \text{ mm}$	$I_y = 776615 \text{ cm}^4$
$t_w = 25 \text{ mm}$	$i_x = 31.66 \text{ cm}$
$t_f = 25 \text{ mm}$	$i_y = 31.66 \text{ cm}$
$A = 775 \text{ cm}^2$	$S_x = 19415 \text{ cm}^3$
$Z_x = 22531 \text{ cm}^3$	
$h = 750 \text{ mm}$	
$f_y = 240 \text{ Mpa}$	

1) Gaya aksial pada kolom (*VBE*)

$$P_u = 1048844,88 \text{ kg (akibat beban gravitasi)}$$

$$E_m = \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin(2\alpha) t_w h + \sum V_u$$

$$= \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2500 \times [\sin(2 \times 44.13^\circ) \times 0.3 \times 300 \times 2]$$

$$+ (2 \times 91535,18)$$

$$= 520415,87 \text{ kg}$$

$$P_{u \text{ total}} = 1048844,88 + 520415,87 \\ = 1569260,75 \text{ kg}$$

Nilai  $P_{HBE}$  pada balok merupakan aksial tekan, sehingga perlu diperhitungkan dengan analisis orde kedua pendekatan.

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1 / P_{e1}} \geq 1.00$$

$$C_m = 1.0$$

$$KL = 1 \times 300 = 300 \text{ cm}$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} = \frac{\pi^2 \times 2000000 \times 776615}{(1 \times 300)^2}$$

$$P_{e1} = 170158072,3 \text{ kg}$$

$$B_1 = \frac{1}{1 - \frac{1 \times 1569260,75}{170158072,3}} = 1.01 \geq 1.0$$

Karena nilai  $B_1 = 1.01$ , maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan momen.

2) Momen pada kolom (*VBE*) akibat *SPSW*

a) Momen lentur akibat dari tarikan dinding geser (*SPSW*) pada sambungan.

$$M_{VBE(web)} = R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w \left( \frac{h_c^2}{12} \right) \\ = 1.5 \times 2500 \times \sin^2(44.13^\circ) \times 0.3 \times \left( \frac{300^2}{12} \right) \\ = 4091113,12 \text{ kgcm} \\ = 40911,13 \text{ kgm}$$

b) Momen lentur pada kondisi kolom (*VBE*) mengalami tekan.

$$M_{VBE(HBE)} = \frac{1}{2} \sum M_{pb}$$



$$\begin{aligned}
 M_{pb} &= \frac{M_{pr}}{1,1R_y} + V_{ush} = \frac{25539250}{1,1 \times 1,5} + 91535,18 \times \left( \frac{80}{2} + \frac{80,8}{2} \right) \\
 &= 22837762,09 \text{ kgcm} \\
 &= 228377,62 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$P_u = \frac{1}{2} P_{HBE(web)} = \frac{1}{2} \times 0 = 0 \text{ kg}$$

$$P_u/P_y = \frac{0}{2400 \times 775} = 0 \text{ kg} < 0,2 \text{ maka } M_{pr}^* \text{ adalah:}$$

$$\begin{aligned}
 M_{pr}^* &= (1,1R_y F_y Z) \left[ 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{P_u HBE}{P_y} \right) \right] \\
 &= (1,1 \times 1,5 \times 2500 \times 22531) \left[ 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{119569,6}{2500 \times 775} \right) \right] \\
 &= 90072544,44 \text{ kg.cm} = 900725,444 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{pb} &= \frac{M_{pr}}{1,1R_y} + V_{ush} = \frac{90072554,44}{1,1 \times 1,5} + 91535,18 \times \left( \frac{80}{2} + \frac{80,8}{2} \right) \\
 &= 61948849,64 \text{ kgcm} \\
 &= 619488,50 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{VBE(HBE)} &= \frac{1}{2} \sum M_{pb} \\
 &= 0,5 \times (228377,62 + 619488,50) \\
 &= 423933,06 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= M_{VBE(web)} + M_{VBE(HBE)} \\
 &= 40911,13 + 423933,06 \\
 &= 464844,19 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

c) Nilai  $B_1 = 1,01$  ,faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 M_r &= B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} = 1,01 \times 464844,19 \\
 &= 469171,059 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

### 3) Gaya geser pada kolom ( $V_{BE}$ ) akibat $SPSW$

$$\begin{aligned} V_{VBE(web)} &= \frac{1}{2} R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w h_c \\ &= 0,5 \times 1,3 \times 2500 \times \sin^2(44,13^\circ) \times 0,3 \times 300 \\ &= 81822,26 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{VBE(HBE)} &= \sum \frac{1}{2} \left( \frac{M_{pc}}{h_c} \right) = \sum \frac{1}{2} \left( \frac{423933,06 + 464844,19}{3} \right) \\ &= 148129,54 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya geser total adalah,

$$\begin{aligned} V_u &= V_{VBE(HBE)} + V_{VBE(web)} \\ &= 148129,54 + 81822,26 \\ &= 229951,80 \text{ kg} \end{aligned}$$

### 4) Kontrol kekuatan tekan kolom komposit ( $V_{BE}$ ) SNI 1729-2015 hal 90

Pada struktur dinding geser ( $SPSW$ ) inti beton menggunakan beton dengan kuat tekan  $f'_c = 35 \text{ MPa}$

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{800}{2 \times 25} = 16$$

$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2.26 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,92$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 16 \leq 63,92 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut :

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = f_y A_s + C_2 f'_c \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

$$P_p = 2500 \times 775 + 0,85 \times 350 (5625 + 0)$$

$$P_p = P_{no} = 3610938 \text{ kg}$$

5) Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{692}{25} = 27,68 ; 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 27,68 \leq 69,57$$

maka  $C_v = 1.00$  ; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0,6 \times 2500 \times (80 \times 2,50) \times 1,00$$

$$V_n = 300000 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= 0.9 \times 300000 \\ &= 270000 \text{ kg} > 229951,80 \text{ kg OK} \end{aligned}$$

6) Interaksi aksial dan lentur kolom (VBE)

$$\begin{aligned} \frac{P_r}{P_c} &= \frac{1569260,75}{0.9 \times 3610938} \\ &= 0,438 > 0.2 \end{aligned}$$

$$\frac{M_r}{M_c} = \frac{469171,059}{0.9 \times 2500 \times 22531} = 0,009$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_r}{M_c} \right) = 0,48 + \frac{8}{9} (0,009) = 0,49 \leq 1.0 \text{ OK}$$



Tabel 6.1 Rekapitulasi Profil Kolom

Jenis Kolom	L (m)	Lokasi	Analisa Struktur				Profil Concrete Filled Steel Tube						Kontrol Tekan - Lentur			
			Pu (kg)	Mux (kg.m)	Muy(kg.m)		mm	mm	mm	mm	mm		Pr	Pc	Mrx	Mry
Kolom Lantai 1-3	4.2	Atas Bawah	1048844.88	10689.72	15741.39		CFT	800	x 800	x 25	x 25		1048844.88	3249843.75	49263.05285	79827.87308
			39409.27		103673.39											
Kolom Lantai 4-6	3	Atas Bawah	739711.14	16020.47	5547.74		CFT	700	x 700	x 22	x 22		1080664.106	2447999.64	30440.60691	20176.95512
			20642.94		4298.2											
Kolom Lantai 7-9	4	Atas Bawah	327313.59	16229.86	34670.19		CFT	600	x 600	x 16	x 16		470331.2834	1680125.76	19383.11897	26621.59747
			12633.81		22931.8											

Tabel 6.2 Rekapitulasi Profil Balok Induk

Jenis Balok	L (m)	Analisa Struktur			Profil Castelated Beam						Kontrol Momen			
		Mlu	Vu	f°	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Φ Mn (Ketika Solid)	Φ Mn > Mu (Solid)	Φ Mn (Ketika Lubang)	Φ Mn > Mu (Lubang)
Memanjang Lt.1-3	8	25468.640	12447.22	0.4628	CB 563	x 200	x 9	x 14			46514.25	OK	38889.79	OK
Memanjang Lt.4-6	8	24864.990	11875.820	0.4974	CB 558	x 200	x 8	x 12			40078.22	OK	30511.45	OK
Memanjang Lt.7-9	8	23272.070	10057.260	0.4095	CB 500	x 200	x 8	x 13			36799.92	OK	30670.12	OK
Memanjang Lt.10 (Atap)	8	4776.780	1625.14	0.2489	CB 305	x 175	x 7	x 11			15301.32	OK	15494.26	OK

Jenis Balok	L (m)	Kontrol Kuat Geser		Kontrol Persamaan Inter		Kontrol Lentutan	
		ΦVn	kg	ΦVn ≥ Vu	$\frac{(M_u)_t}{(M_u)_b} + \frac{(V_u)_t}{(V_u)_b} \leq \frac{(M_u)_b}{(M_u)_b} + \frac{(V_u)_b}{(V_u)_b}$	f = L/360	f' > f°
Memanjang Lt.1-3	8		22074.27	OK	0.46	OK	2.22
Memanjang Lt.4-6	8		19821.14	OK	0.76	OK	2.22
Memanjang Lt.7-9	8		17287.06	OK	0.63	OK	2.22
Memanjang Lt.10 (Atap)	8		8698.68	OK	0.04	OK	2.22

## BAB VII

### PERENCANAAN SAMBUNGAN

#### 7.1 Perencanaan Sambungan

##### 7.1.1 Sambungan balok anak dengan balok induk

Sambungan balok induk dengan balok anak merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok anak.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok anak parkir sebesar  $V_u = 10873,17$  kg. Sambungan ini direncanakan dengan profil siku  $60 \times 60 \times 6$  dengan perencanaan sebagai berikut:

1) Sambungan siku dengan balok anak

Direncanakan :

$$\varnothing \text{ baut} = 13 \text{ mm } (A_b = 2,011 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

a) Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 2,011 \\ &= 12440,71 \text{ kg} \end{aligned}$$

b) Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \varnothing.R_n &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,6 \times 4100 \\ &= 7084,8 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$n = \frac{10873,17}{7084,8} = 1,53, \text{ dipasang 2 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n. \varnothing.R_n \geq V_u$$

$$2 \times 7084,8 \geq 10873,17 \text{ kg}$$

$$14169,6 \text{ kg} \geq 10873,17 \text{ kg (OK)}$$

c) Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi } (S_1) &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 24 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pakai S1 = 25 mm

(S2) = 1,25 db s/d 12tp atau 150 mm  
 = 20 mm s/d 72 mm atau 150 mm

Pakai S2 = 25 mm

Jarak baut (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm  
 = 48 mm s/d 90 mm atau 200 mm

Pakai S = 50 mm

2) Sambungan balok induk dengan siku

Direncanakan :

$\varnothing$ baut = 16 mm ( $A_b = 2,011 \text{ cm}^2$ )

Mutu baut A325 ( $f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$ )

Ulir tidak pada bidang geser ( $r_1 = 0.5$ )

a) Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 1 \times 2,011 \\ &= 6220,35 \text{ kg}\end{aligned}$$

b) Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\varnothing.R_n &= \varnothing \times 2.4 \times db \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1.6 \times 0.6 \times 4100 \\ &= 7084,8 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

$$n = \frac{10873,17}{6220,35} = 1,74, \text{ dipasang 2 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n. \varnothing.R_n \geq V_u$$

$$2 \times 7084,8 \geq 10873,17 \text{ kg}$$

$$14169,6 \geq 10873,17 \text{ kg (OK)}$$

c) Kontrol jarak baut :

Jarak tepi (S1) = 1,5db s/d (4tp + 100) atau 200 mm  
 = 24 mm s/d 124 mm atau 200 mm

Pakai S1 = 25 mm

(S2) = 1,25 db s/d 12tp atau 150 mm  
 = 20 mm s/d 72 mm atau 150 mm



Pakai S2 = 25 mm  
 Jarak baut (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm  
 = 48 mm s/d 90 mm atau 200 mm  
 Pakai S = 50 mm

3) Kontrol kekuatan pelat siku

Diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5

$$d1 = 16 + 1,5 = 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}$$

$$L = 2 \times S1 + S = 2 \times 25 + 50 = 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm}$$

a) Luas bidang geser

$$\begin{aligned}
 Anv &= Lnv \times t_L \\
 &= (L - n \times d1) \times t_{\text{siku}} \\
 &= (10 - 2 \times 1,75) \times 0,6 \\
 &= 3,9 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

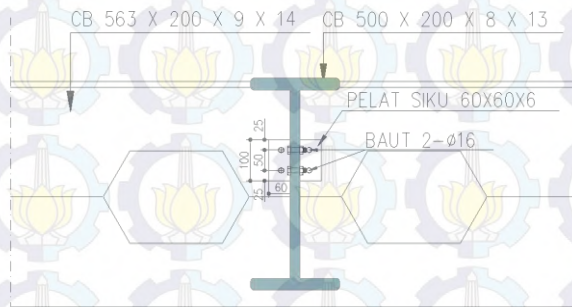
b) Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned}
 2\phi Vn &= 2 \times \phi \times (0,6 \times fu \times Anv) \\
 &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 3,9) \\
 &= 14391 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

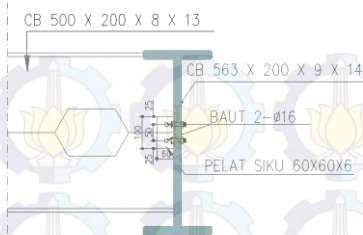
Kontrol kekuatan plat siku,

$$2\phi Vn \geq Vu$$

$$14391 \text{ kg} > 10873,17 \text{ kg (OK)}$$



**Gambar 7.1** Sambungan Balok Induk dan Balok Anak (A)



**Gambar 7.2** Sambungan Balok Induk dan Balok Anak (B)

### 7.1.2 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar  $V_u = 878,40$  kg. Sambungan ini direncanakan dengan profil siku  $40 \times 40 \times 4$ .

#### 1) Sambungan siku dengan balok utama tangga

Direncanakan :

$$\varnothing_{\text{baut}} = 8\text{mm} (A_b = 0.503 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut BJ 50} (f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser} (r_1 = 0.5)$$

##### a) Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 5000 \times 2 \times 0,503 \\ &= 1884,96 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

##### b) Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \varnothing.R_n &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 0,8 \times 0,40 \times 4100 \\ &= 2361,60 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{939,97}{1884,9} = 0,50, \text{ dipasang 1 buah}$$

$$n\phi V_n \geq V_u$$

$$1 \times 1884,9 \geq 939,97$$

$$1884,9 \text{ kg} > 939,97 \text{ kg (OK)}$$

c) Kontrol jarak baut :

$$\text{Jarak tepi (S1)} = 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 12 \text{ mm s/d } 116 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S1} = 25 \text{ mm}$$

$$(S2) = 1,25 db \text{ s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 10 \text{ mm s/d } 48 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S2} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut (S)} = 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 24 \text{ mm s/d } 60 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S} = 25 \text{ mm}$$

2) Sambungan balok penumpu tangga dengan siku

Direncanakan :

$$\phi_{\text{baut}} = 8 \text{ mm } (A_b = 0,503 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut BJ 50 } (f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

a) Kuat geser baut

$$\phi \cdot V_n = \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 5000 \times 1 \times 0,503$$

$$= 942,48 \text{ kg (menentukan)}$$

b) Kuat tumpu baut

$$\phi \cdot R_n = \phi \times 2.4 \times db \times tp \times f_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 0,8 \times 0,40 \times 4100$$

$$= 2361,60 \text{ kg}$$

$$n = \frac{939,97}{942,48} = 0.99, \text{ dipasang 1 buah}$$

$$n\phi V_n \geq V_u$$

$$1 \times 942,48 \geq 939,97$$

$$942,48 \text{ kg} \geq 939,97 \text{ kg (OK)}$$



## c) Kontrol jarak baut :

Jarak tepi (S1) = 1,5db s/d (4tp + 100) atau 200 mm

= 12 mm s/d 116 mm atau 200 mm

Pakai S1 = 25 mm

(S2) = 1,25 db s/d 12tp atau 150 mm

= 10 mm s/d 48 mm atau 150 mm

Pakai S2 = 20 mm

Jarak baut (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm

= 24 mm s/d 60 mm atau 150 mm

Pakai S = 25 mm

## 3) Kontrol siku penyambung

Diameter perlemahan (dengan bor) :

d1 = 8 + 1,5 = 9,5 mm = 0,95 cm

L = 2 x S1 + S = 2 x 25 + 25 = 75 mm = 7,5 cm

## a) Luas bidang geser

Anv = Lnv x t<sub>L</sub>

= (L - n x d1) x t<sub>L</sub>

= (7,5 - 1 x 0,95) x 0,4

= 2,62 cm<sup>2</sup>

## b) Kuat rencana (karena ada 2 siku)

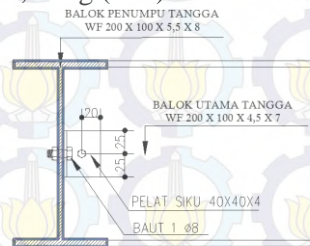
2ØVn = 2 x Ø x (0,6 x fu x Anv)

= 2 x 0,75 x (0,6 x 5000 x 2,62)

= 11790 kg

2ØVn ≥ Vu

11790 kg ≥ 939,97 kg (OK)



**Gambar 7.3** Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

### 7.1.3 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

Sambungan balok penumpu tangga dengan kolom merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga.

Dari perhitunagn sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar  $V_u = 1885,45$  kg. Sambungan ini direncanakan dengan plat sambung.

1) Kontrol plat sambung yang digunakan

$$t_p \leq \frac{f_u}{f_{yp}} t \quad (t = \text{tebal profil HSS})$$

$$= \frac{4100}{2500} \times 2,5$$

$$= 4,1 \text{ cm}$$

Dipakai  $t_p = 0.5 \text{ cm}$

2) Sambungan plat sambung dengan balok penumpu tangga

Direncanakan :

$\varnothing$ baut = 10 mm ( $A_b = 0,785 \text{ cm}^2$ )

Mutu baut BJ 50 ( $f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$ )

Ulir tidak pada bidang geser ( $r_1 = 0,5$ )

a) Kuat geser baut

$$\varnothing.V_n = \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 5000 \times 1 \times 0,785$$

$$= 1472,6 \text{ kg (menentukan)}$$

b) Kuat tumpu baut

$$\varnothing.R_n = \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 1 \times 0,5 \times 4100$$

$$= 3690,00 \text{ kg}$$

$$n = \frac{1885,45}{1472,6} = 1,28, \text{ dipasang 2 buah}$$

c) Kontrol jarak baut :

$$\text{Jarak tepi (S1)} = 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 15 \text{ mm s/d } 200 \text{ mm}$$

Pakai S1 = 20 mm  
 (S2) = 1,25 db s/d 12tp atau 150 mm  
 = 12,5 mm s/d 60 mm  
 Pakai S2 = 25 mm  
 Jarak baut (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm  
 = 30 mm s/d 75 mm  
 Pakai S = 40 mm

3) Sambungan kolom dengan plat sambung

Direncanakan menggunakan las  $F_{e100xx}$  :

Ketebalan tertipis material pada sambungan = 5 mm  
 sehingga ketebalan las minimum  $w = 3$  mm

Digunakan ketebalan las  $w = 4$  mm

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\
 &= 2 \times (0.707 \times 0.4) \times 8.00 \\
 &= 4.52 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= 0.6F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\
 &= 0.6 \times (100 \times 70.33) \times (1.0 + 0.5 \times \sin^{1.5} 0^\circ) \\
 &= 4219.80 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\
 &= 0.75 \times 4219.80 \times 4.53 \\
 &= 14320,3 \text{ kg} > 1885,45 \text{ kg OK}
 \end{aligned}$$

4) Kontrol kekuatan pelat siku

Diameter perlemahan (dengan bor) :

$$d1 = 10 + 1,5 = 11,5 \text{ mm} = 1,15 \text{ cm}$$

$$L = 2 \times S1 + S = 2 \times 20 + 40 = 80 \text{ mm} = 8 \text{ cm}$$

a) Luas bidang geser

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \times t_L \\
 &= (L - n \times d1) \times t_L \\
 &= (8 - 2 \times 1,15) \times 0,5 \\
 &= 2,85 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

b) Kuat rencana

$$V_n = \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv})$$

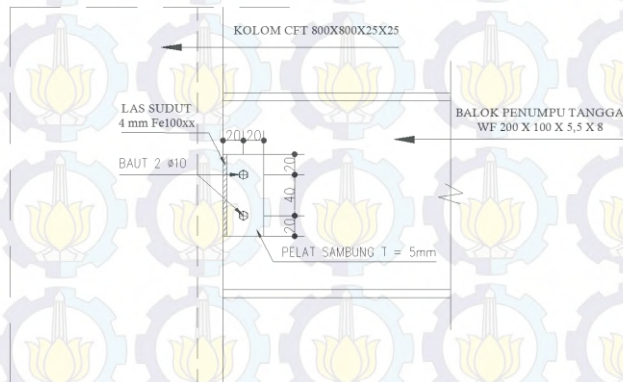


$$= 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 2,85)$$

$$= 5285,25 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$5285,85 \text{ kg} \geq 1885,45 \text{ kg} \quad \text{OK}$$



**Gambar 7.4** Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

#### 7.1.4 Sambungan kolom dengan kolom

Sambungan kolom dengan kolom direncanakan pada lantai 3 pada posisi dinding geser (*SPSW*) menggunakan las penetrasi penuh dengan mutu  $F_{e100XX}$ . Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban seismik akibat komponen vertikal. Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai.

- 1) Gaya aksial pada sambungan

$$E_m = \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin(2\alpha) t_w h_c + \sum \left[ \frac{2M_{pr}}{L_h} - \frac{q_u}{2} L_{cf} \right]$$

Nilai  $E_m$  diperhitungkan berdasarkan perhitungan sebelumnya

$$E_m = P_u = 529415,87 \text{ kg}$$

- 2) Momen pada sambungan

$$M_u = M_{VBE(weib)} + M_{VBE(HBE)}$$

$$= 40911,13 + 423933,06$$

$$= 464844,19 \text{ kgm}$$

3) Gaya geser pada sambungan

$$V_{VBE(HBE)} = \sum \frac{1}{2} \left( \frac{M_{pc}}{h_c} \right)$$

$$= \frac{\frac{1}{2} (423933,06 + 464844,19)}{300}$$

$$= 1481,30 \text{ kg}$$

4) Sambungan las pada kolom

Kontrol las pada daerah yang diarsir pada profil kolom HSS  
 $800 \times 800 \times 25 \times 25$ .

Kontrol tegangan las akibat  $P_u$  dan  $M_u$ :

$$T_u = \frac{M_u}{d_c} \pm P_u$$

$$= \frac{464844,19}{80} \pm 520415,87$$

(+) = 526226,42 kg **menentukan**

(-) = 514605,31 kg

Kekuatan las tumpul penetrasi penuh :

$$F_{nw} = f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi R_{nh} = 0.75 F_{nw} A_{we}$$

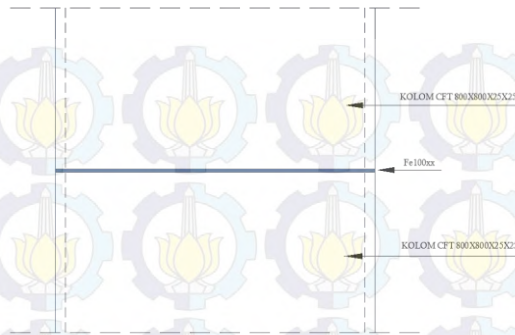
$$= 0.75 \times 4100 \times (2.5 \times 320)$$

$$= 2460000.00 \text{ kg}$$

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left( \frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1.0$$

$$\left( \frac{1481,30}{2460000.00} \right)^2 + \left( \frac{526226,42}{2460000.00} \right)^2 = 0.046 \leq 1.0 \dots \text{OK}$$

Maka sambungan menggunakan las penetrasi penuh dengan mutu  $F_{e100XX}$  dapat digunakan pada sambungan kolom ke kolom.



**Gambar 7.5** Sambungan Kolom dengan Kolom

### 7.1.5 Sambungan dinding geser (SPSW)

Sambungan pada dinding geser direncanakan menggunakan las  $F_{e100XX}$ . Pengelasan dilakukan pada elemen balok (*HBE*) dan kolom (*VBE*). Tipe las yang digunakan yaitu las sudut dan las tumpul penetrasi penuh.

- 1) Sambungan las sudut pada balok (*HBE*)

Digunakan las dengan mutu  $F_{e100XX}$

$$\begin{aligned}
 W_{(HBE)} &= \frac{R_y f_y \cos(\alpha) t_w \sqrt{2}}{\phi 0.6 F_{EXX} [1 + 0.5 \cos^{1.5}(\alpha)]} \\
 &= \frac{1.5 \times 2500 \times \cos(44,13) \times 0.3 \times \sqrt{2}}{0.75 \times 0.6 \times (100 \times 70.33) \times [1 + 0.5 \cos^{1.5}(44,13)]} \\
 &= 0,015 \text{ cm} \\
 &= 1,56 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Ketebalan las minimum untuk kondisi di plat tertipis  $t = 3\text{mm}$  yaitu  $w = 3\text{mm}$ . Jadi digunakan las dengan tebal minimum  $w = 3\text{mm}$ .

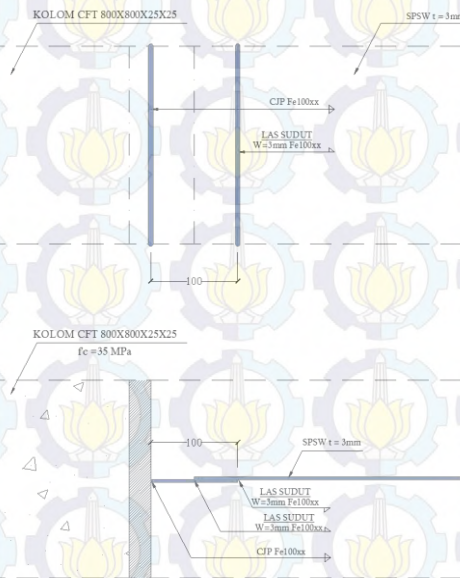
- 2) Sambungan las sudut pada kolom (*VBE*)

Digunakan las dengan mutu  $F_{e100XX}$



$$\begin{aligned}
 w_{(VBE)} &= \frac{R_y f_y \cos(\alpha) t_w \sqrt{2}}{\phi 0.6 F_{EXX} [1 + 0.5 \cos^{1.5}(\alpha)]} \\
 &= \frac{1.5 \times 2500 \times \cos(44,13) \times 0.3 \times \sqrt{2}}{0.75 \times 0.6 \times (100 \times 70,33) \times [1 + 0.5 \cos^{1.5}(44,13)]} \\
 &= 0,257 \text{ cm} \\
 &= 2,57 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Ketebalan las minimum untuk kondisi di plat tertipis  $t = 3\text{mm}$  yaitu  $W = 3\text{mm}$ . Jadi digunakan las dengan tebal minimum  $w = 3\text{mm}$ .

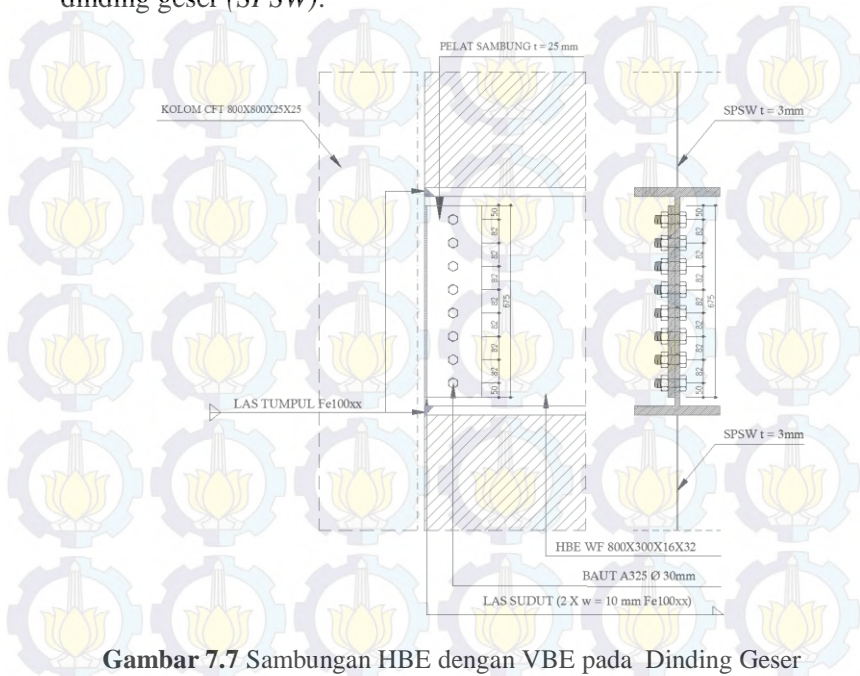


**Gambar 7.6** Sambungan SPSW dengan Kolom

### 7.1.6 Sambungan balok (*HBE*) dengan kolom (*VBE*) pada dinding geser plat baja (*SPSW*)

Sambungan menghubungkan balok (*HBE*) profil CB 563×200×9×14 dengan kolom (*VBE*) komposit CFT dengan profil

HSS 800×800×25×25 dengan mutu inti beton = 35 MPa pada dinding geser (SPSW).



**Gambar 7.7** Sambungan HBE dengan VBE pada Dinding Geser

- 1) Gaya geser yang bekerja pada sambungan

Gaya geser dari SAP 2000

$$V_u = 12447,22 \text{ kg}$$

Gaya geser dari ketentuan AISC 341-05 pasal 11.2

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{2[1.1R_y(f_y Z_x)]}{L} \\ &= \frac{2[1.1 \times 1.5 \times (2500 \times 9287)]}{800} \\ &= 95772,19 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

- 2) Gaya aksial yang bekerja pada sambungan

$$P_{\text{HBE(VBE)}} = 139430,1 \text{ kg}$$

$$N_{\text{coll}} = 62757,89 \text{ kg (gaya geser SPSW)}$$

Gaya aksial yang diterima sambungan :

$$\begin{aligned} N_u &= P_{\text{HBE(VBE)}} + N_{\text{coll}} \\ &= 119569,60 + 62757,89 \\ &= 182327,49 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_u &= N_{\text{coll}} - P_{\text{HBE(VBE)}} \\ &= 62757,89 - 119569,60 \\ &= -56811,71 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kedua gaya aksial bersifat tarik dan tekan, sehingga dipilih menentukan.

3) Kontrol leleh pada plat sambung

Mutu baja plat sambung = BJ41

Diameter baut = 30 mm →  $A = 7,07 \text{ cm}^2$

Ketebalan plat sambung = 25 mm

Panjang plat sambung = 675 mm

Kontrol panjang tekuk  $Kl/r \leq 25$ ,  $f_{cr} = f_y$

$$\begin{aligned} \phi_y V_n &= 1.00(0.6)f_y tL \\ &= 1.00 \times (0.6) \times 2500 \times 3.00 \times 67.50 \\ &= 303750 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_c N_n &= 0.90f_y tL \\ &= 0.90 \times 2500 \times 3.00 \times 67.50 \\ &= 437400.00 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left( \frac{V_u}{\phi_y V_n} \right)^2 + \left( \frac{N_u}{\phi_c N_n} \right)^2 &\leq 1.0 \\ \left( \frac{95772,19}{303750} \right)^2 + \left( \frac{182327,49}{437400} \right)^2 &= 0,27 \leq 1.0 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

4) Kontrol patah pada plat sambung

$$\begin{aligned} A_{nv} &= A_g - n(d_b + 1.5 \text{ mm})t \\ &= (3.00 \times 67.50) - 8.00 \times (3.00 + 0.15) \times 3.00 \end{aligned}$$



$$= 126.90 \text{ cm}^2$$

$$\phi_y V_n = 0.75(0.6) f_u A_{nv}$$

$$= 0.75 \times (0.6) \times 4100 \times 126.90$$

$$= 234130.50 \text{ kg}$$

$$\left( \frac{V_u}{\phi_y V_n} \right)^2 + \left( \frac{N_u}{\phi_c N_n} \right)^2 \leq 1.0$$

$$\left( \frac{95772.19}{234130.50} \right)^2 + \left( \frac{182327.49}{437400} \right)^2 = 0.34 \leq 1.0 \text{ OK}$$

5) Kontrol geser baut

$$\sqrt{V_u^2 + N_u^2} = \sqrt{95772.19^2 + 182327.49^2}$$

$$= 205950.54 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = \phi n f_u^u A_b$$

$$= 0.75 \times 8 \times 8250 \times 7.07$$

$$= 349894.88 \text{ kg} > 205950.54 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

6) Kontrol kuat tumpu baut

Untuk komponen vertikal, baut bagian bawah,

$$1.2l_c = 1.2 \times (5.00 - 3.30/2)$$

$$= 4.02 \text{ cm}$$

$$2.4d_b = 2.4 \times 3.0$$

$$= 7.20 \text{ cm} > 4.02 \text{ cm}$$

Kontrol kuat tumpu :

$$\phi R_n = \phi 1.2 L_c t f_u$$

$$= 0.75 \times 1.2 \times 4.02 \times 3.00 \times 4100$$

$$= 44501.4.80 \text{ kg}$$

Untuk komponen vertikal, baut sisanya,

$$1.2l_c = 1.2 \times (8.21 - 3.30)$$

$$= 5.89 \text{ cm}$$

$$2.4d_b = 2.4 \times 3.0$$

$$= 7.20 \text{ cm} > 5.89 \text{ cm}$$

Kontrol kuat tumpu :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi 1.2 L_c t f_u \\ &= 0.75 \times 1.2 \times 5.89 \times 3.00 \times 4100 \\ &= 65224,44.10 \text{ kg}\end{aligned}$$

Untuk kemlompok baut vertikal,

$$\begin{aligned}\phi R_{nv} &= 44501,4 + (7 \times 65224,44) \\ &= 501072,48 \text{ kg}\end{aligned}$$

Untuk komponen horizontal, semua baut  $2.4d_b > 1.2L_c$

$$\begin{aligned}\phi R_{nh} &= 8 \times 44501,4 \\ &= 356011,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right)^2 + \left( \frac{N_u}{\phi R_{nh}} \right)^2 \leq 1.0$$

$$\left( \frac{95772,19}{501072,48} \right)^2 + \left( \frac{182327,49}{356011,2} \right)^2 = 0.29 \leq 1.0 \dots \text{OK!}$$

#### 7) Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las  $w = 10 \text{ mm}$  (bagian paling tipis yaitu 30 mm) dan mutu las  $F_{e100XX}$

$$\begin{aligned}A_{we} &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0.707 \times 1.0) \times 67.50 \\ &= 95.45 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal :

$$\begin{aligned}F_{nw} &= 0.6 F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\ &= 0.6 \times (100 \times 70.33) \times (1.0 + 0.5 \times \sin^{1.5} 0^\circ) \\ &= 4219.80 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_{nw} &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0.75 \times 4219.80 \times 95.45 \\ &= 302069,11 \text{ kg}\end{aligned}$$

Untuk komponen horizontal :

$$F_{nw} = 0.6F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta)$$

$$= 0.6 \times (100 \times 70.33) \times (1.0 + 0.5 \times \sin^{1.5} 90^\circ)$$

$$= 7008,62 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi R_{nh} = 0.75 F_{nw} A_{we}$$

$$= 0.75 \times 7008,62 \times 95,45$$

$$= 501703,49 \text{ kg}$$

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right)^2 + \left( \frac{N_u}{\phi R_{nh}} \right)^2 \leq 1.0$$

$$\left( \frac{95772,19}{302069,11} \right)^2 + \left( \frac{182327,49}{501703,49} \right)^2 = 0.23 \leq 1.0 \dots \text{OK!}$$

1) Kontrol sambungan *HBE* dengan *VBE* terhadap momen.

a) Momen yang bekerja pada sambungan

$$M_u = 1.1 R_y Z_b \left( f_{yb} - \frac{P_{HBE}}{A_g} \right)$$

$$= 1.1 \times 1.5 \times 9287 \left( 2500 - \frac{119569.6}{307.60} \right)$$

$$= 32352338,15 \text{ kgcm}$$

$$= 323523,38 \text{ kgm}$$

Akibat adanya momen, las pada sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$$T_u = \frac{M_u d_{max}}{\sum d^2}$$

$$= \frac{32352338,15 \times 80.8}{80.8^2}$$

$$= 355704.03 \text{ kg}$$

b) Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan menggunakan las tumpul miring melebar dengan mutu  $F_{e100XX}$ .



$$\begin{aligned}
 A_{we} &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\
 &= (0.707 \times 3.2) \times 30.20 \\
 &= 68.32 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Kekuatan las tumpul :

$$\begin{aligned}
 \phi R_{nh} &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\
 &= 0.75 \times (100 \times 70.33) \times 68.32 \\
 &= 360394.55 \text{ kg} > 355704.03 \text{ kg...OK!}
 \end{aligned}$$

### 7.1.7 Sambungan balok dengan kolom

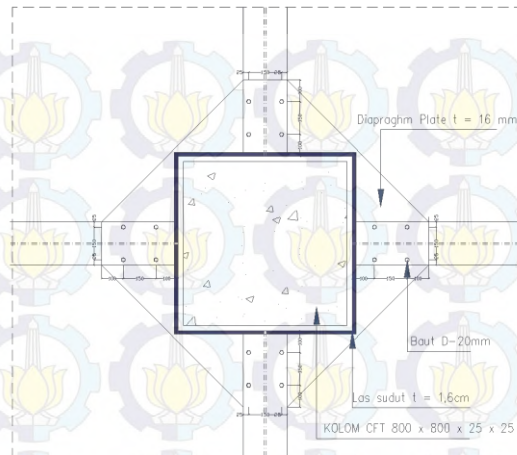
Profil balok induk menggunakan CB 563x200x9x14 dan kolom dengan profil CFT 800x800x25x25 sambungan akan di desain dengan sambungan penahan moment. Sambungan akan direncanakan dengan menggunakan *diaphragm plate*

dimana sambungan memikul beban geser Pu dan momen Mu. Penerimaan beban dianggap sebagai berikut :

- Beban Pu diteruskan oleh sambungan pada badan secara tegak lurus ke kolom
- Beban momen Mu diteruskan oleh sayap balok dengan diaphragm plate baja yang dilas tumpul dengan penetrasi penuh ke kolom

$$Mu = 25468.64 \text{ kg.cm}$$

$$Vu = 12447.22 \text{ kg}$$



**Gambar 7.8** Tampak Atas Sambungan Antara Balok Induk dengan Kolom

- 1) Sambungan geser pada badan balok

Kuat geser baut

Pada bidang geser baut tidak ada ulir ( $r_1 = 0,5$ )

Mutu profil BJ41 ( $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$ )

Baut tipe tumpu baut 20 mm ( $A_g = 3,14 \text{ cm}^2$ )

Mutu baut BJ50 ( $f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$ )

$$\Phi.V_n = \Phi \cdot (r_1 f_{ub}) \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot (0,5 \cdot 5000) \cdot 1 \cdot 3,14$$

$$= 5890,49 \text{ (menentukan !)}$$

Kuat tumpu baut

$$\Phi.R_n = \Phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2 \cdot 0,9 \cdot 4100$$

$$= 13284 \text{ kg}$$

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{12447,22}{5890,49} = 2,13 \text{ dipasang 3 buah}$$

Kontrol jarak baut :

Jarak tepi (S1)	= 1,5db s/d (4tp + 100) atau 200 mm
	= 30 mm s/d 200 mm
Pakai S1	= 40 mm
(S2)	= 1,25 db s/d 12tp atau 150 mm
	= 25 mm s/d 150 mm
Pakai S2	= 35 mm
Jarak baut : (S)	= 3db s/d 15tp atau 200 mm
	= 60vmm s/d 200 mm
Pakai S	= 80 mm

2) Sambungan geser pada kolom

Direncanakan dengan single plate dengan las sudut dengan tebal plat 12 mm dengan panjang 240mm

$$A_{las} = 2 \times 24 = 48 \text{ cm}^2$$

$$S = 2 \times \left( \frac{d^2}{3} \right) = 2 \times \left( \frac{24^2}{3} \right) = 384 \text{ cm}^3$$

$$P_u = 12447,22 \text{ kg}$$

$$M_u = 4 \times 12447,22 = 49788,88 \text{ kg.cm}$$

Akibat  $P_u$  :

$$f_{vp} = \frac{12447,22 \text{ kg}}{48 \text{ cm}^2} = 259,32 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat  $M_u$  :

$$f_{hm} = \frac{49788,88 \text{ kgcm}}{384 \text{ cm}^3} = 129,66 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{129,66^2 + 259,3^2} = 289,93 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{total}}{f_{u_{las}}} = \frac{289,93}{2214,45} = 0,13 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,13}{0,707} = 0,1852 \text{ cm}$$



Syarat – syarat tebal kaki las

Tebal minimum =  $t_{\text{plat}} = 30 \text{ mm}$

$$a_{\text{effmax}} = \frac{0,6 \times f_u \times t}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times f_{E70xx}} = \frac{0,6 \times 4100 \times 12}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times 70 \times 70,3}$$

$$a_{\text{effmax}} = 7,1 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai las dengan  $a_{\text{min}} = 6 \text{ mm}$

3) Kontrol plat penyambung

Direncanakan menggunakan *single plate* 240 x 12, BJ 41 dengan  $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$ .

Ølubang = 20 mm + 1,5 mm (lubang dibuat dengan bor)

$$= 21,5 \text{ mm}$$

$$An_v = L_{nv} \cdot t$$

$$= (L - n \cdot \text{Ølubang}) \cdot t$$

$$= (24 - 3 \cdot 2,15) \cdot 1,2$$

$$= 21,06 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = \Phi \cdot (0,6 \cdot f_u \cdot An_v)$$

$$= 0,9 \cdot 0,6 \cdot 4100 \cdot 21,06$$

$$= 46626,84 \text{ kg} > 12447,22 \text{ kg (Ok)}$$

4) Sambungan pada diaphragm plate dengan kolom

Direncanakan menggunakan sambungan las tumpul penetrasi penuh tebal 1,6 cm dan tebal diaphragm plat 16 mm dengan BJ 41,

Akibat gaya  $M_u$ , diaphragm plate akan mendapat gaya tarik sebesar:

$$T = \frac{M_u}{d_{\text{balok}}}$$

$$T = \frac{25468,64}{56,3} = 452,37 \text{ kg}$$

Kekuatan rencana las tumpul penetrasi penuh

$$\phi R_n = 0,9 \times t_e \times f_y$$

$$\phi R_n = 0,9 \times 1,6 \times 2500 = 3600 \text{ kg/cm}^2$$

Luas las tumpul

$$A_{las} = 1,6 \cdot (70) = 112 \text{ cm}^2$$

Tegangan yang terjadi akibat beban tarik

$$f_{total} = \frac{452,37}{112} = 4,04 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} < \phi R_n \quad 4,04 \text{ kg/cm}^2 < 3600 \text{ (Oke..)}$$

5) Sambungan pada diaphragm plate dengan sayap balok

Kontrol Kekuatan Baut

Kuat geser baut

Pada bidang geser baut tidak ada ulir ( $r_1 = 0,5$ )

Mutu profil BJ41 ( $f_u = 4100 \text{ Kg/cm}^2$ )

Baut tipe tumpu Øbaut 20 mm ( $A_g = 3,14 \text{ cm}^2$ )

Mutu baut BJ50 ( $f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$ )

$$\Phi \cdot V_n = \Phi \cdot (r_1 f_{ub}) \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot (0,5 \cdot 5000) \cdot 1 \cdot 3,14$$

$$= 5890,49 \text{ kg (menentukan !)}$$

Kuat tumpu baut

$$\Phi \cdot R_n = \Phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2 \cdot 1,4 \cdot 4100$$

$$= 20664 \text{ kg}$$

$$\frac{T}{\phi V_n} = \frac{12447,22}{5890,49} = 2,11 \text{ dipakai 4 buah}$$

dipakai 4 baut dipasang 2 buah 2 sisi

Kontrol jarak baut :

$$\text{Jarak tepi (S1)} = 1,5 d_b \text{ s/d } (4 t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 30 \text{ mm s/d } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S1} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{(S2)} = 1,25 d_b \text{ s/d } 12 t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 25 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S2} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut (S)} = 3 d_b \text{ s/d } 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 60 \text{ mm s/d } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S} = 150 \text{ mm}$$

6) Kekuatan diaphragm plate

Dipakai baut Ø20mm, BJ41 dengan

$$f_y = 2500 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A_g = w \cdot t_w$$

$$= 26 \cdot 1,4 \text{ cm}$$

$$= 36,40 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A_g - A_{\text{perlemahan}}$$

$$= 36,40 - (2 \cdot 2,15 \cdot 1,4)$$

$$= 30,38 \text{ cm}^2$$

Terhadap leleh

$$T \leq 0,9 \cdot A_g \cdot f_y$$

$$452,37 \text{ kg} \leq 0,9 \cdot 36,4 \cdot 2500$$

$$452,37 \text{ kg} \leq 81900 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Terhadap patah

$$T \leq 0,9 \cdot A_n \cdot f_u$$

$$452,37 \text{ kg} \leq 0,75 \cdot 30,38 \cdot 4100$$

$$452,37 \text{ kg} \leq 112102,2 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

### 7.1.8 Sambungan kolom dengan *base plate*

Perencanaan *base plate* dibawah ini menggunakan *fixed plate* hasil modifikasi dari katalog PT. Gunung Garuda dengan ukuran

- $H = 100 \text{ cm}$
- $B = 100 \text{ cm}$
- $t_p = 65 \text{ mm} = 6,5 \text{ cm}$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapat gaya yang bekerja pada kolom CFT 800x800x25x25 lantai dasar adalah :

$$P_u = 1048844,88 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 94664,20 \text{ kg.m}$$

$$M_{uy} = 39409,27 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 31713,62 \text{ kg}$$

#### 1) Sambungan Las pada Base Plate :



Direncanakan las sudut pada daerah yang diarsir pada profil hollow section 800x7800x25x25 , dengasn las Fe100xx sehingga didapat :

Misal  $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_{\text{las}} = 4 \times (1 \times 80,0) = 320 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(80+80)^3}{6} = 682666,67 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(80+80)^3}{6} = 682666,67 \text{ cm}^4$$

$$S_x = b \times d + \left( \frac{d^2}{3} \right) = 80 \times 80 + \left( \frac{80^2}{3} \right) = 8533,33 \text{ cm}^3$$

$$S_y = b \times d + \left( \frac{d^2}{3} \right) = 80 \times 80 + \left( \frac{80^2}{3} \right) = 8533,33 \text{ cm}^3$$

$$f_{u_{\text{las}}} = \phi \times 0,6 \times F_{E100xx} \times t_e$$

$$f_{u_{\text{las}}} = 0,75 \times 0,6 \times 100 \times 70,33 \times 1$$

$$f_{u_{\text{las}}} = 3164,85 \text{ Kg/cm}^2$$

a) Akibat  $P_u$

$$f_p = \frac{P_u}{A} + \frac{M_x}{W_x} = \frac{1048844,88}{320} + \frac{9466420}{8533,33}$$

$$f_p = 3164,85 \text{ kg/cm}^2$$

b) Akibat  $V_u$ :

$$f_v = \frac{V_u}{A} + \frac{M_x}{W_x} = \frac{31713,62}{320} + \frac{9466420}{8533,33}$$

$$f_v = 1208,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{(4386,99)^2 + (1208,45)^2} = 4550,38 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{\text{total}}}{f_{u_{\text{las}}}} = \frac{4550,38}{3164,85} = 1,44 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{1,44}{0,707} = 2,00 \text{ cm}$$

Syarat – syarat tebal kaki las

Tebal minimum =  $t_{\text{plat}} = 65 \text{ mm}$

$$a_{\text{effmax}} = 1,41 \cdot \frac{f_u}{f_{E70xx}} \cdot t_p = 1,41 \cdot \frac{4100}{100.70,33} \cdot 6,5 = 5,3 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai las dengan  $a = 2,0 \text{ cm}$

## 2) Perhitungan Base Plate :

Cek eksentrisitas gaya

$$e_x = \frac{M_{ux}}{P_u} = \frac{9466420}{1048844,88} = 9,03 \text{ cm} < \frac{N}{6} = \frac{100}{6} = 16,67 \text{ cm}$$

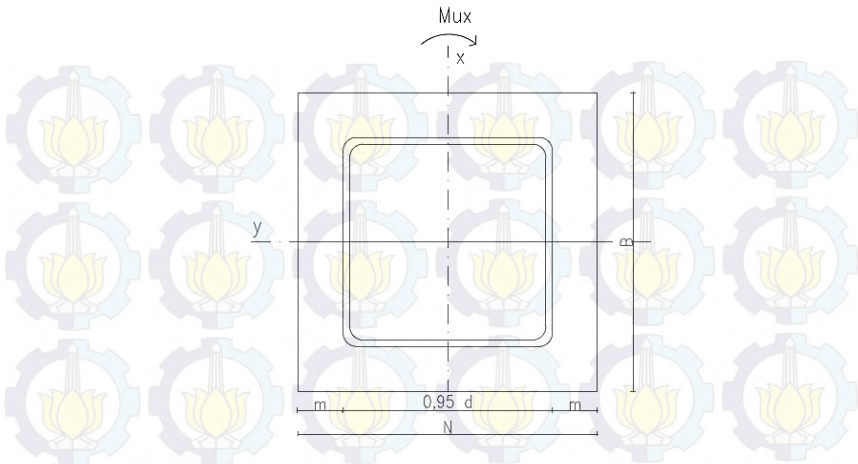
Termasuk dalam kategori baseplate yang memikul gaya aksial, gaya geser dan juga momen lentur dengan intensitas yang cukup kecil, sehingga distribusi tegangan tidak terjadi sepanjang baseplate, namun momen lentur yang bekerja masih belum mengakibatkan baseplate terangkat dari beton penumpu. Angkur terpasang hanya berfungsi sebagai penahan gaya geser, disamping itu angkur tersebut juga berfungsi menjaga stabilitas struktur selama masa konstruksi

Direncanakan diameter baut =  $30 \text{ mm} = 3 \text{ cm}$

Direncanakan Dimensi Beton  $110 \times 110 \text{ cm}$  ( $A_2 = 12100 \text{ cm}^2$ ),

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{110 \times 110}{100 \times 100}} = 1,1$$

### a) Perencanaan akibat beban sumbu X



**Gambar 7.9** Arah Beban Sumbu X pada Base Plate

Akibat beban  $P_u$

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B.N} = \frac{1048844,88}{100 \times 100} = 104,88 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban  $M_{ux}$

$$f_{pb} = \frac{6.M_{ux}}{B.N^2} = \frac{6 \times 9466420}{100 \times 100^2} = 56,8 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan maksimal

$$f_{p(max)} = f_{pa} + f_{pb} = 104,88 + 56,8 = 161,68 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan yang bisa diterima kolom beton

$$f_{p \text{ avail}} = \phi \cdot 0,85 \cdot f'_c = 0,9 \cdot 0,85 \cdot 40 = 30,6 \text{ Mpa}$$

$$f_{p \text{ avail}} = 306 \text{ kg/cm}^2 > f_{p(max)} = 166,68 \text{ kg/cm}^2$$

(memenuhi syarat)

Menentukan  $M_{upl}$  pada sejarak  $m$  setiap lebar 1 cm pelat :

$$m = \frac{(N - 0,95 \times D)}{2} = \frac{(100 - 0,95 \times 80)}{2} = 12 \text{ cm}$$



$$M_{upl} = \left( f_{p(max)} - 2 \times f_{pb} \times \frac{m}{N} \right) \times \left( \frac{m^2}{2} \right) + \left( 2 \times f_{pb} \times \frac{m}{N} \right) \times \left( \frac{m^2}{3} \right)$$

$$M_{upl} = \left( 161,68 - 2 \times 56,8 \times \frac{12}{100} \right) \times \left( \frac{12^2}{2} \right) + \left( 2 \times 56,8 \times \frac{12}{100} \right) \times \left( \frac{12^2}{3} \right)$$

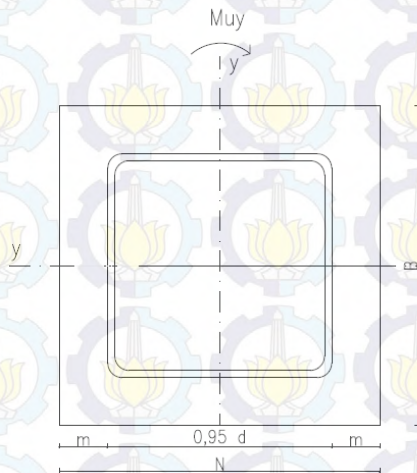
$$M_{upl} = 11314,02 \text{ kg.cm/cm}$$

Menentukan tebal base plate :

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{upl}}{f \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 11314,02}{0,9 \times 2500}} = 4,48 \text{ cm}$$

b) Perencanaan akibat beban sumbu Y



**Gambar 7.10** Arah Beban Sumbu Y Pada Base Plate

Akibat beban  $P_u$

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B \cdot N} = \frac{1048844,88}{100 \times 100} = 104,88 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban  $M_{ux}$

$$f_{pb} = \frac{6.M_{ux}}{B.N^2} = \frac{6 \times 3940927}{100 \times 100^2} = 23,6 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan maksimal

$$f_{p(max)} = f_{pa} + f_{pb} = 104,88 + 23,6 = 128,53 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan yang bisa diterima kolom beton

$$f_{p \text{ avail}} = \phi \cdot 0,85 \cdot f'_c = 0,9 \cdot 0,85 \cdot 40 = 30,6 \text{ Mpa}$$

$$f_{p \text{ avail}} = 306 \text{ kg/cm}^2 > f_{p(max)} = 128,53 \text{ kg/cm}^2$$

(memenuhi syarat)

Menentukan  $M_{upl}$  pada sejarak  $m$  setiap lebar 1 cm pelat :

$$m = \frac{(N - 0,95 \times D)}{2} = \frac{(100 - 0,95 \times 80)}{2} = 12 \text{ cm}$$

$$M_{upl} = \left( f_{p(max)} - 2 \times f_{pb} \times \frac{m}{N} \right) \times \left( \frac{m^2}{2} \right) + \left( 2 \times f_{pb} \times \frac{m}{N} \right) \times \left( \frac{m^2}{3} \right)$$

$$M_{upl} = \left( 128,53 - 2 \times 23,6 \times \frac{12}{100} \right) \times \left( \frac{12^2}{2} \right) + \left( 2 \times 23,6 \times \frac{12}{100} \right) \times \left( \frac{12^2}{3} \right)$$

$$M_{upl} = 9117,97 \text{ kg.cm/cm}$$

Menentukan tebal base plate :

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{4.M_{upl}}{f \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 9117,97}{0,9 \times 2500}} = 4,03 \text{ cm}$$

tebal baseplate yang dipakai yaitu 6,5 cm

3) Perencanaan pelat pengaku :

Tebal pelat pengaku minimum ( $t_s$ )

$$t_s \geq 0,5 \cdot t_f = 0,5 \cdot 2,5 = 1,25 \text{ cm}$$

Dimensi pelat yang dipakai  $t_s = 1,5 \text{ cm}$

Perhitungan Baut Angkur

Karena  $e = 9,03 \text{ cm} < 1/6.N = 16,67 \text{ cm}$  maka tidak terjadi gaya tarik, jadi dipasang angkur praktis.

Dipakai baut angkur A307 Ø30mm ( $f_u = 60 \text{ ksi} = 4219,8$ )

- Kuat rencana geser dan tumpu (1 bidang geser)

$$\begin{aligned}\phi_f \cdot V_n &= V_d = \phi_f \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 0,4 \cdot 4219,8 \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot 3^2) \cdot 1 \\ &= 11185,50 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi_f \cdot R_n &= R_d = 2,4 \cdot \phi_f \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot 3 \cdot 6,5 \cdot 4100 \\ &= 143910 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Jumlah baut angkur yang dibutuhkan (diambil jumlah yang terbesar antara gaya geser  $V_{ux}$  dan  $V_{uy}$ )

$$n = \frac{V_{uy}}{\phi_f \cdot V_n} = \frac{31713,62}{11185,50} = 2,84$$

dipakai 8 buah untuk menjaga stabilitas saat pemasangan konstruksi.

Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 45 \text{ mm s/d } 260 \text{ mm}\end{aligned}$$

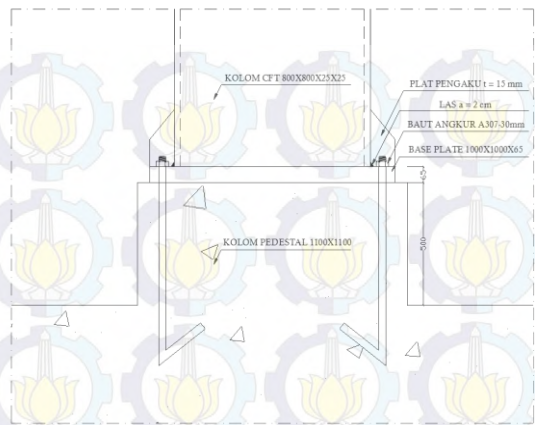
$$\begin{aligned}\text{Pakai S1 (S2)} &= 60 \text{ mm} \\ &= 1,25 db \text{ s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 37,5 \text{ mm s/d } 780 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 60 \text{ mm}$$

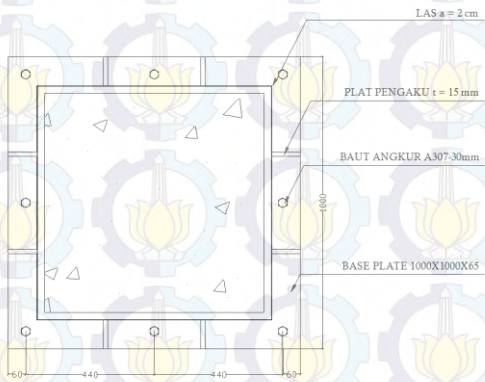
$$\begin{aligned}\text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 90 \text{ mm s/d } 975 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S} = 440 \text{ mm}$$





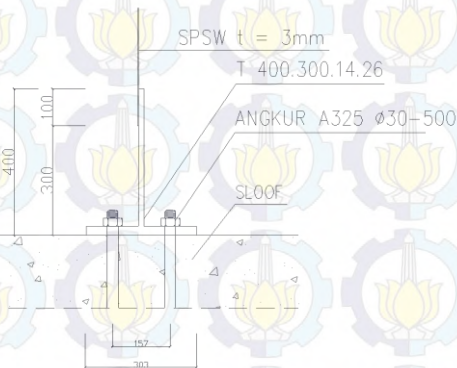
**Gambar 7.11** Tampak Samping Sambungan Baseplate dengan Kolom dan Pedestal



**Gambar 7.12** Tampak Atas Sambungan Baseplate dengan Kolom dan Pedestal

### 7.1.9 Sambungan dinding geser (SPSW) dengan sloof

Perencanaan sambungan ini digunakan untuk menghubungkan dinding geser lantai dasar dengan sloof. Profil T 400×300×14×26 berhubungan langsung dengan sloof memanjang dengan penambahan angkur dan *grouting* agar tidak terjadi rembesan air yang menyebabkan korosi. Digunakan angkur dengan diameter  $d = 3.00$  cm dan jarak  $s = 50.00$  cm



**Gambar 7.13** Sambungan SPSW dengan Sloof

- 1) Gaya geser yang bekerja pada angkur

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} f_y \sin(2\alpha) t_w s \\ &= \frac{1}{2} \times 2500 \times \sin(2 \times 44.13) \times 0.30 \times 50.00 \\ &= 19317.27 \text{ kg} \end{aligned}$$

- 2) Tarikan yang bekerja pada angkur

$$\begin{aligned} T_u &= f_y \cos^2(\alpha) t_w s \\ &= 2500 \times \cos^2(44.13) \times 0.3 \times 50.00 \\ &= 19317.27 \text{ kg} \end{aligned}$$

- 3) Perhitungan Baut Angkur

Dipakai baut angkur  $d = 30$  mm dengan  $f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0.75 f_{ub} (0.5 A_b) \\
 &= 9 \times 0.75 \times 8250 \times (0.5 \times (0.25 \times \pi \times 3.00^2)) \\
 &= 196815.87 \text{ kg} \\
 \frac{2T_u + C_v V_u}{n} &= \frac{2 \times 19317.27 + 1.25 \times 18741.41}{9} \\
 &= 6895.70 \text{ kg} < 196815.87 \text{ kg} \dots \text{OK!}
 \end{aligned}$$

Panjang baut angkur yang ditanam ke dalam pondasi  
diperhitungkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 L &\geq \left[ \frac{2V_u + (4V_u^2 + 6df'_c (M_u + V_u \times (5\text{cm})))^{1/2}}{df'_c} \right] \\
 L &\geq \left[ \frac{2 \times 18741.41 + (4 \times 18741.41^2 + 6 \times 500.00 \times 600 \times (0 + 18741.41 \times (5\text{cm})))^{1/2}}{500.00 \times 600} \right] \\
 L &\geq 1.49 \text{ cm} \rightarrow \text{diambil } L = 30.00 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



## **BAB VIII**

### **PERENCANAAN PONDASI**

#### **8.1 Desain Tiang Pancang**

Pondasi merupakan bangunan struktur bawah yang berfungsi sebagai perantara dalam meneruskan beban bagian atas dan gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tersebut ke tanah pendukung di bawahnya.

Perencanaan bangunan bawah atau pondasi suatu struktur bangunan harus mempertimbangkan beberapa hal diantaranya jenis, kondisi dan struktur tanah. Hal ini terkait dengan kemampuan atau daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi di atasnya. Perencanaan yang baik menghasilkan pondasi yang tidak hanya aman, namun juga efisien, ekonomis dan memungkinkan pelaksanaannya.

#### **8.2 Desain Tiang Pancang Kolom**

##### **8.2.1 Data Perencanaan**

Data-data dalam perencanaan pondasi adalah :

Kedalaman tiang pancang	= 17 m
Dimensi tiang pancang	= 45 cm x 45 cm
Luas tiang pancang ( $A_p$ )	= 2025 cm <sup>2</sup>

Direncanakan poer dengan dimensi :

$$L = 4,5 \text{ m}$$

$$B = 4,5 \text{ m}$$

$$t = 1 \text{ m}$$

Digunakan tiang pancang produksi WAHANA. Dengan tekanan ijin sebesar 273,3 Ton.

### 8.2.2 Beban Pada Tiang Pancang

Dari hasil analisis struktur didapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja pada pondasi :

$$P = 1048,8 \text{ ton}$$

$$M_x = 39,4 \text{ ton}$$

$$M_y = -103,6 \text{ ton}$$

$$H_x = 43,3 \text{ ton}$$

$$H_y = 70,5 \text{ ton}$$

Pada desain tiang pancang ini akan digunakan kombinasi terbesar dari beban tetap dan beban sementara. Berdasarkan hal tersebut maka digunakan kombinasi beban sementara sebagai acuan gaya dalam untuk desain pondasi. Oleh karena itu, didapat momen pada dasar poer, sebagai berikut :

$$M_{x_o} = M_x + F_y \times t = 39,4 + (70,5 \times 1) = 109,95 \text{ tm}$$

$$M_{y_o} = M_y + F_x \times t = -103,6 + (43,3 \times 1) = 60,31 \text{ tm}$$

Beban vertikal yang berkerja akibat pengaruh beban sementara dan beban sendiri poer sebagai berikut :

- Berat sendiri poer  
 $4,5 \times 4,5 \times 1 \times 2,4 = 48,6 \text{ ton}$
- Beban aksial kolom  
 Beban tetap,  $P = \frac{1048,8 \text{ ton}}{\Sigma P = 1097,4 \text{ ton}}$

### 8.2.3 Daya Dukung Ijin Satu Tiang

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah ( $Q_s$ ). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_u = Q_p + Q_s.$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang

pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang.

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) dengan kedalaman 17.00 m.

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \times A_p \\ &= (N_p \times K) \times A_p \\ &= (41,67 \times 20) \times 0.2025 \\ &= 168,75 \end{aligned}$$

Dimana :

$N_p$  = Harga rata-rata SPT di sekitar 4D =  $(4 \times 0.45) = 1,8\text{m}$  di atas hingga 4D di bawah dasar tiang pondasi

$$\begin{aligned} &= \left( \frac{37 + 50 + 38}{3} \right) \\ &= 41,67 \end{aligned}$$

$K$  = Koefisien karakteristik tanah  
 $= 12 \text{ t/m}^2$ , untuk tanah lempung  
 $= 20 \text{ t/m}^2$ , untuk tanah lanau berlempung  
 $= 25 \text{ t/m}^2$ , untuk tanah lanau berpasir  
 $= 40 \text{ t/m}^2$ , untuk tanah pasir  
 $= 40 \text{ t/m}^2$ , untuk lempung sangat kaku (Poulos, H.G)

$A_p$  = Luas penampang dasar tiang  
 $= 0.45 \times 0.45 = 0.2025 \text{ m}^2$

$q_p$  = tegangan di ujung tiang

$$\begin{aligned} Q_s &= q_s \times A_s \\ &= \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) A_s \\ &= \left( \frac{21.45}{3} + 1 \right) \times 30,6 \\ &= 249,44 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dimana :



$q_s$  = tegangan akibat lekatan lateral dalam  $t/m^2$

$N_s$  = harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan :  $3 \leq N \leq 50$

$A_s$  = keliling x panjang tiang yang terbenam

$$= 4 \times 0.45 \times 17 = 30,6 \text{ m}^2$$

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P_{ijin(tiang)} = \frac{Q_u}{SF} = \left( \frac{168,75 + 249,44}{2} \right) = 209,09 \text{ ton}$$

#### 8.2.4 Tiang Pancang Kelompok

Jumlah tiang pancang ditentukan dengan perumusan berikut:

$$n = \frac{\sum P}{PE_k} \rightarrow E_k \text{ diasumsikan sebesar } 0,8$$

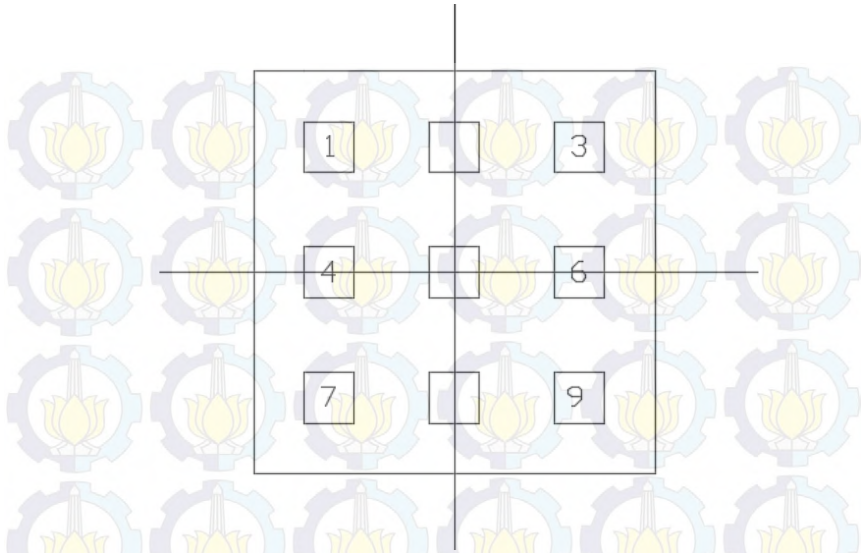
$$= \frac{1097,44}{209,09 \times 0,8} = 6,6 \approx 9$$

Maka direncanakan dengan 4 pancang dengan letak tiang pancang pada poer diperlihatkan pada Gambar 4.80.

Syarat jarak antar tiang pancang ( $s$ ) :

$$2,5D \leq S_x \leq 5D \rightarrow S_x = 1,5\text{m}$$

$$2,5D \leq S_y \leq 5D \rightarrow S_y = 1,5\text{m}$$



**Gambar 8.1** Posisi tiang pancang kolom

### 1) Kontrol Beban Aksial Satu Tiang Pancang

Berdasarkan Gambar 4.79 didapatkan jarak masing-masing tiang pancang terhadap titik berat poer, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.3

**Tabel 8.1** Jarak Tiang Pancang Kolom

tiang	sumbu (m)			
	x	x <sup>2</sup>	y	y <sup>2</sup>
p1	1,50	2,25	1,50	2,25
p2	0,00	0,00	1,50	2,25
p3	1,50	2,25	1,50	2,25
p4	1,50	2,25	0,00	0,00
p5	0,00	0,00	0,00	0,00
p6	1,50	2,25	0,00	0,00
p7	1,50	2,25	1,50	2,25
p8	0,00	0,00	1,50	2,25
p9	1,50	2,25	1,50	2,25
sigma		13,50		13,50

Gaya yang dipikul oleh masing-masing tiang pancang ditentukan dengan perumusan berikut :

$$P_i = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_{xo} y_{\max}}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_{yo} x_{\max}}{\Sigma x^2}$$

$$P_{\max} = \frac{1097,44}{9} + \frac{109,95 \times 1,5}{13,5} + \frac{60,31 \times 1,5}{13,5}$$

$$= 140,86 \text{ ton}$$

$$P_{\min} = \frac{1097,44}{9} - \frac{109,95 \times 1,5}{13,5} - \frac{60,31 \times 1,5}{13,5}$$

$$= 103,02 \text{ ton}$$

Maka, tekanan maksimum satu tiang pancang adalah 140,86 ton

## 2) Menentukan Efisiensi Aktual

Efisiensi aktual ditentukan dengan menggunakan perumusan dari Converce-Labarre sebagai berikut :

Jumlah baris, ( $m$ ) = 2

Jumlah kolom, ( $n$ ) = 2

$$Ek = 1 - \tan^{-1} \frac{D}{S} \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right]$$

$$= 1 - \tan^{-1} \frac{0,45}{1,5} \left[ \frac{(3-1)3 + (3-1)3}{90 \times 3 \times 3} \right] = 0,75$$

## 3) Kontrol Kapasitas

$$P_{\max} \leq PE_k$$

$$140,86 \text{ Ton} \leq 209,09 \times 0,75$$

$$140,86 \text{ Ton} \leq 157,36 \text{ Ton} \rightarrow (\text{Oke, Memenuhi})$$

## 8.3 Kontrol Tebal Poer Kolom

Perencanaan tebal poer harus memenuhi suatu ketentuan bahwa kekuatan geser nominal harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi.

Data Perencanaan Poer :



- Dimensi Kolom = 1500x1500mm
- Dimensi Poer = 4500x4500x1000mm
- Selimut Beton = 70 mm
- Ø Tulangan = 32 mm
- Mutu Beton, ( $f'c$ ) = 35 MPa
- Dimensi tiang pancang = 450x450 mm
- $\lambda$  = 1 (Beton Normal)
- $\alpha_s$  = 30 (Kolom Tepi)
- Rasio sisi panjang terhadap daerah reaksi, ( $\beta$ )

$$\beta = \frac{1500}{1500} = 1$$

$$d = 1000 - 70 - \frac{32}{2} = 914 \text{ mm}$$

Penampang kritis adalah pada daerah dibawah kolom oleh karena itu, Keliling penampang kritis ( $b_o$ ) ditentukan dengan perumusan dibawah :

$$\begin{aligned} b_o &= \text{Keliling penampang kritis} \\ &= 2(b_{kolom} + d) + 2(h_{kolom} + d) \\ &= 2(1500 + 914) + 2(1500 + 914) = 9656 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut :

$$\text{a. } V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) 1 \times \sqrt{35} \times 9656 \times 914 = 26628,5 \text{ kN}$$

$$\text{b. } V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{30 \times 914}{9656} + 2 \right) \sqrt{35} \times 9656 \times 914$$

$$= 20973,58 \text{ kN}$$

$$c. V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$$

$$V_c = 0,33 \sqrt{35} \times 9656 \times 914$$

$$= 17230,2 \text{ kN} \quad (\text{Menentukan})$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah  $17230,2 \text{ kN} = 1723,02 \text{ Ton}$

$$V_c \geq P_u \text{ kolom}$$

$$1723,02 \text{ Ton} \geq 1048,8 - 209,09 = 839,71 \text{ ton (OK)}$$

### 8.3.1 Desain Penulangan Poer Kolom

Desain penulangan lentur poer dianalisis sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang pancang sebesar  $P$  dan berat sendiri poer sebesar  $q$ . Desain penulangan poer kolom akan menggunakan tulangan baja dengan data desain sebagai berikut :

#### 1) Data Perencanaan

- Dimensi Poer,  $B \times L$  = 4500 x 4500 mm

- Tebal Poer, = 1000 mm

- Mutu Beton,  $(f'_c)$  = 35MPa

- Diameter Tul. Utama ( $\emptyset$ ) = 32 mm

- Mutu Baja ( $f_y$ ) = 250 MPa

- Elastisitas ( $E_f$ ) = 200000 MPa

- Tebal Selimut Beton = 70 mm

- Tinggi efektif balok poer

$$d_x = 1000 - 70 - 32/2 = 914 \text{ mm}$$

$$d_x = 1000 - 70 - 32 - 32/2 = 882 \text{ mm}$$

Desain penulangan hanya dianalisis pada salah satu sumbu saja, hal tersebut dilakukan karena bentuk penampang poer yang simetris.

## 2) Desain Penulangan Poer

Berat Poer,  $q_u = 4,5 \times 1 \times 2,4 = 10,8 \text{ Ton/m}$

$$P_t = 3P_{max} = 2 \times 140,86 = 422,57 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} M_u &= (P_t \times e) - \left( \frac{1}{2} q_u e^2 \right) \\ &= (422,57 \times 0,75) - \left( \frac{1}{2} \times 10,8 \times 2,25^2 \right) \\ &= 304,57 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{250} \times \frac{600}{(600 + 250)} = 0,0672 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0672 = 0,0504$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{250} = 0,0056$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{250}{0,85 \times 35} = 8,4$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{304570000}{0,85 \times 4500 \times 914^2} = 0,95 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{8,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 8,4 \times 0,95}{250}} \right) \end{aligned}$$



$$= 0,0038 < \rho_{\min} \dots (\text{digunakan } \rho_{\min})$$

$$A_{s\text{perlu}} = 0,0056 \times 1000 \times 914 = 5118,4 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan lentur D 32 – 150 mm

$$A_s \text{ Pasang} = \frac{1000}{150} \times 0,25 \times \pi \times 32^2 = 5358 \text{ mm}^2 > A_{s\text{perlu}} \dots \text{Oke}$$

Maka, digunakan tulangan D32 – 150 pada kedua sumbu.

- Penulangan susut

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0038$$

$$A_s = 0,0038 \times 1000 \times 882 = 3420,7 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan susut D 29 – 150 mm

$$A_{s \text{ pasang}} = \frac{1000}{150} \times 0,25 \times \pi \times 29^2 = 4401,2 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \dots \text{Oke}$$

Maka, digunakan tulangan D29 – 150

#### 8.4 Perencanaan Kolom Pedestal

Besarnya gaya – gaya dalam kolom diperoleh dari hasil perhitungan struktur primer pada bab sebelumnya.

$$P_u = 1048844,88 \text{ kg}$$

$$V_u = 31713,62 \text{ kg}$$

$$M_u = 103673,39 \text{ kgm}$$

1) Data perencanaan kolom :

$$b = 1500 \text{ mm}$$

$$h = 1500 \text{ mm}$$

$$A_g = 2250000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan :

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 250 \text{ Mpa}$$

Selimut beton = 50 mm

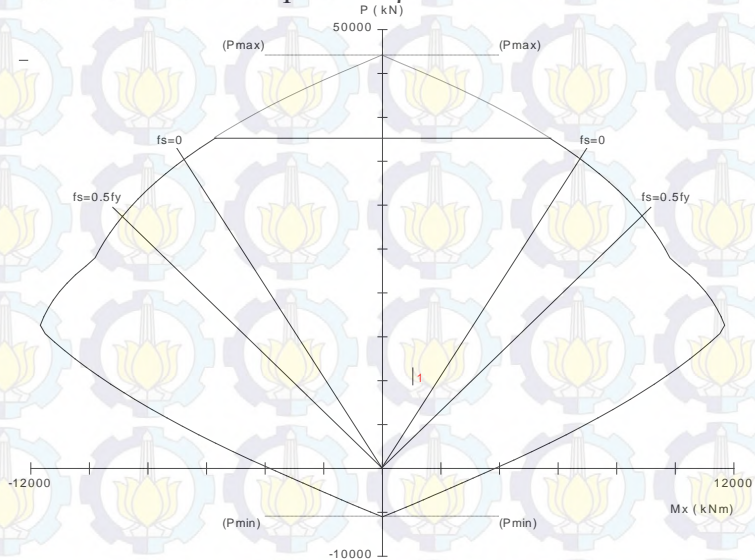
Tulangan sengkang =  $\varnothing 12$  mm

Tulangan utama =  $\varnothing 25$  mm

Tinggi efektif =  $1500 - (50 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 25) = 1425.50$  mm

## 2) Penulangan Lentur pada Kolom

Dari PCACOL didapat nilai  $\rho = 1.09\%$



Layout: Rectangular  
 Pattern: All Sides Equal (Cover to transverse reinforcement)  
 Total steel area:  $A_s = 24480 \text{ mm}^2$  at  $\rho = 1.09\%$   
 Minimum clear spacing = 88 mm

48 #25 Cover = 50 mm

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:

No.	Pu kN	Mux kNm	fMnx kNm	fMn/Mu NA	depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi
1	10488.44	1036.73	9668.22	9.326	382	1428	0.00821	0.900

\*\*\* End of output \*\*\*

**Gambar 8.2** Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program PCA Col

$$A_s = 0.0109 \times 1500 \times 1425.50$$

$$= 23306,925 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 48 D25,  $A_s = 23550,0 \text{ mm}^2$   
dipasang merata 4 sisi.

### 3) Penulangan Geser Kolom

$$V_u = 31713,62 \text{ kg} = 317136,2 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

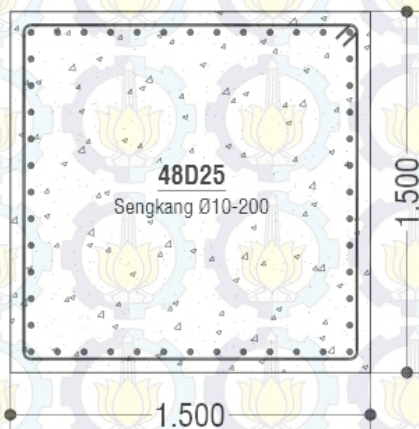
$$\begin{aligned} V_c &= 2 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b d \\ &= 2 \left( 1 + \frac{10488448,8}{14 \times 2250000} \right) \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 1500 \times 1425,5 \\ &= 5620701,54 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times V_c$$

$$= 0,6 \times 5620701,54$$

$$= 3372420,9 \text{ N} > V_u = 317136,2 \text{ N}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser praktis Ø10 – 200, sengkang dua kaki.



**Gambar 8.3** Penulangan Kolom Pedestal



### 8.5 Perencanaan Sloof Pondasi

Struktur sloof digunakan untuk membuat penurunan secara bersamaan pada pondasi atau sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban –beban yang ditimpakan ke sloof meliputi : berat sendiri sloof, berat dinding pada lantai paling bawah, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Dimensi sloof:  $b = 400 \text{ mm}$

$h = 600 \text{ mm}$

$A_g = 240000 \text{ mm}^2$

Mutu bahan:  $f'_c = 35 \text{ MPa}$

$f_y = 250 \text{ MPa}$

Selimut beton  $= 50 \text{ mm}$

Tul. sengkang  $= \varnothing 12$

Tul. utama  $= D22$

Tinggi efektif ( $d$ )  $= 600 - (50 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 22)$   
 $= 527 \text{ mm}$

1) Beban-beban yang terjadi pada sloof :

Beban dinding  $250.00 \times 4.20 = 1050 \text{ kg/m}$

Berat sloof  $0.40 \times 0.60 \times 2400 = 576 \text{ kg/m}$

$Q_d = 1626 \text{ kg/m}$

$Q_u = 1,4 Q_d = 1,4 \times 1626 = 2276,4 \text{ kg/m}$

Panjang sloof  $= 8 \text{ m}$

$M_u = \frac{1}{10} \times q_u \times L^2$   
 $= \frac{1}{10} \times 2276,4 \times 8^2$   
 $= 14568,96 \text{ kgm}$

$D(V_u) = \frac{1}{2} \times q_u \times L$   
 $= \frac{1}{2} \times 2276,4 \times 8.6$   
 $= 9105,6 \text{ kg} = 91056 \text{ N}$

2) Penulangan tarik pada sloof

$$M_u = 14568,96 \text{ kgm} = 145689600 \text{ Nmm}$$

$$D (V_u) = 9105,6 \text{ kg} = 91056 \text{ N}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{V_u}{f_y} \\ &= \frac{91056}{250} \\ &= 364,224 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

3) Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A'_s &= 0.5 A_s \\ &= 0.5 \times 364,224 = 182,112 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{145689600}{0.8} \\ &= 182112000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0.85 f'_c} \\ &= \frac{250}{0.85 \times 30} \\ &= 8,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1.4}{f_y} \\ &= \frac{1.4}{250} \\ &= 0.0056 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_{\text{balance}}$$

$$= 075 \frac{0.85 f'_c \beta}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 075 \frac{0.85 \times 35 \times 0.8}{250} \left( \frac{600}{600 + 250} \right)$$

$$= 0.0504$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2}$$

$$= \frac{182112000}{400 \times 527^2}$$

$$= 1.639$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{8,4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 8,4 \times 1.639}{250}} \right)$$

$$= 0.0067$$

$$\rho_{perlu} > \rho_{\min} \text{ dipakai } \rho_{perlu} = 0.0067$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$A_{s1} = \rho \times b \times d_x$$

$$= 0.0067 \times 400 \times 572$$

$$= 1422,59 \text{ mm}^2$$

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_{s1}' = 0.50 \times A_s$$

$$= 711,29 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan tarik : } A_s + A_{s1} = 364,224 + 1422,59$$

$$= 1786,810 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan tarik 5D22 ( $A_s = 1899,7 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan tekan : } A_s' + A_{s1}' &= 182,11 + 711,29 \\ &= 893,4 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan 3D22 ( $A_s = 1139,82 \text{ mm}^2$ )

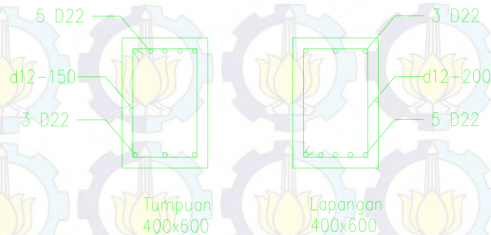
#### 4) Penulangan Gesser Sloof

$$V_u = 91056 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$\begin{aligned}V_c &= 2 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b d \\ &= 2 \times \left( 1 + \frac{10488449}{14 \times 240000} \right) \times \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 250 \times 527 \\ &= 1713346,6 \text{ N} > V_u = 91056 \text{ N}\end{aligned}$$

Sehinggatidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser Ø12 – 200, sengkang 2 kaki.



**Gambar 8.4** Penulangan Sloof



## **BAB XI PENUTUP**

### **9.1. Kesimpulan**

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan struktur sekunder didapatkan :
  - a. Plat lantai menggunakan bondek PT. LYSAGHT INDONESIA  $t = 0,75$  mm, dengan tebal plat beton :
    - Lantai atap  $t = 90$  mm
    - Lantai apartemen  $t = 90$  mm
    - Lantai parkir  $t = 90$  mm
  - b. Balok anak
    - Lantai atap CB 250x200x8x12
    - Lantai kantor CB 368x200x8x12
    - Lantai parkir CB 500x200x8x13
  - c. Balok tangga :
    - Pengaku anak tangga L 50 x 50 x 6
    - Bordes WF 100 x 50 x 5 x 7
    - Utama 200 x 100 x 4,5 x 7
    - Penumpu 200 x 100 x 5,5 x 8
  - d. Balok lift
    - Penumpu 400 x 300 x 9 x 14
2. Dari hasil perhitungan struktur primer didapatkan :
  - a. Balok induk :
    - Bentang 8 m
      - Lt 1- 3 CB 563x200x9x14
      - Lt. 4-6 CB 558x200x8x12
      - Lt. 7-9 CB 500x200x8x13
      - Lt. 10 (Atap) CB 305x175x7x11
    - Bentang 4 m
      - Lt 1- 3 WF 350x250x9x14
      - Lt. 4-6 WF 350x250x8x12
      - Lt. 7-9 WF 250x125x6x9
      - Lt. 10 (Atap) WF 250x5x8
  - b. Kolom:

- Lantai 1-3 Komposit CFT 800x800x25x25
  - Lantai 4-6 Komposit CFT 700x700x22x22
  - Lantai 7-9 Komposit CFT 600x600x16x16
- c. SPSW
- T plat spsw = 3mm
- d. Sambungan terlampir
3. Pondasi struktur menggunakan tiang pancang PT. Wahana dengan dimensi 45cm x 45cm dengan kedalaman 17 m berdasarkan hasil penyelidikan tanah SPT (*Standard Penetration Test*).

## 9.2. Saran

Sebaiknya dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan struktur *castellated beam* dan kolom *concrete filled steel tube* lebih lanjut dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan estetika. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi sesungguhnya di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

Adhibaswara, Banu. 2011. **"Perencanaan Struktur Balok Utama jembatan Baja Komposit Dengan Profil castellated Beam"**. Proceeding PESAT (Psikologi, Ekonomi, Sastra, Arsitektur & Sipil). Depok: Universitas Gunadarma.

Amayreh, L and Saka, M.P. 2005 ***"Failure load prediction of castellated beams using artificial neural networks"***. Department of Civil Engineering, University of Bahrain.

AISC. 2010. ***"Seismic Provisions for Structural Steel Buildings"***. Chicago: American Institute Of Steel Construction.

Badan Standardisasi Nasional. 2012. **"Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI-1726-2012)"**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. 2002. **"Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI-1729-2002)"**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Berman, J.W and Bruneau, M. 2006. ***"Proof Of Concept Testing and Finite Element Modelling of Self – Stabilizing Hybrid Rectangular Links For Eccentrically Braced Frames"***. Proceedings of the 8<sup>th</sup> U.S. National Conference on Earthquake Engineering, Paper No.239.

Cahya, Aditya. 2015. **"Modifikasi Ulang Hotel fave Surabaya Menggunakan metode beton Pracetak Pada Elemen Struktur Balok Dan pelat Lantai"**. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.



Departemen Pekerjaan Umum. 1987. **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1987)**. Bandung : Direktorat Jenderal Cipta Karya.

FeiXu, Ju Chen, Wei-liang Jin, 2014. “ *Experimental Investigation of Thin-Walled Concrete-Filled Steel Tube Columns With Reinforced latic Angle*”. China: Departement of Civil Engineering Zhejiang University.

FEMA-356. 2000. “*Pre-standard and Commentary for the Seismic rehabilitation of Buildings*”. Federal Emergency management Agency, Washington, D.C.

Griinbauer, Johann. 2001. *Engineering Theories of Software Intensive Systems*. (<http://www.springerlink.com/openurl.asp?genre=book&isbn=978-1-4020-3530-2>)

Kerdal dan Nethercot, 1984. “*Failure Modes of Castellated Beams*”. J. Construct. Steel Research 4.

Malada, Anggry. 2012. “**Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung PT. Perusahaan Gas Negara Surabaya Menggunakan Hexagonal Castellated Beam Pada Balok Anak**”. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Mursid, Mufdillawati. 2013. “**Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran Telkomsel Surabaya barat Menggunakan Baja-Beton Komposit**”. Jurnal Teknik POMITS Vol.1, No.1.

Morino, Shosuken, Thusada, Keigo. “**Design and Konstruktion of Concrete Filled Steel Tube Column System in Japan**”, Departement of Environ Mental Space Design, University of Kitakyusu.

Prasetyo, Arifitra Yudha.2010. “**Studi Perbandingan Penggunaan Profil Baja Solid dengan profil Castellated Pada Struktur Bangunan Gedung**”.



Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Rakhman, Fahmi. 2011. **"Modifikassi Perencanaan Petra Square Apartement and Shopping Arcade Surabaya Dengan Menggunakan Hexagonal Castellated Beam Non-Komposit"**. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Salmon, Charles & E. Johnson, John. 1996. **"Struktur Baja Desain Dan Perilaku"**. Jilid 1 Edisi Kedua. Diterjemahkan oleh: Ir. Wira M.S.CE. Jakarta: Erlangga.

Shah, Darishka.K., Wakil, M.D., Patel, M.N, 2014. **"Parametric Study of Concrete Filled Steel Tube Column"**. IJEDR. Volume 2, Issue 2. ISSN: 2321-9939

Suryani, Fran Sinta. 2012. **"Analisa Perbandingan Berbagai Penampang Dinding Geser Komposit Akibat Beban Lateral"**. Jurnal Teknik POMITS Vol. 1 (1-6).

Widodo, Theodorus., et.Al. 2013. **"Analisa Perbandingan Dinding Geser yang Simetris dan Tidak Simetris"**. Jurnal Teknik Sipil, Vol II No.1.

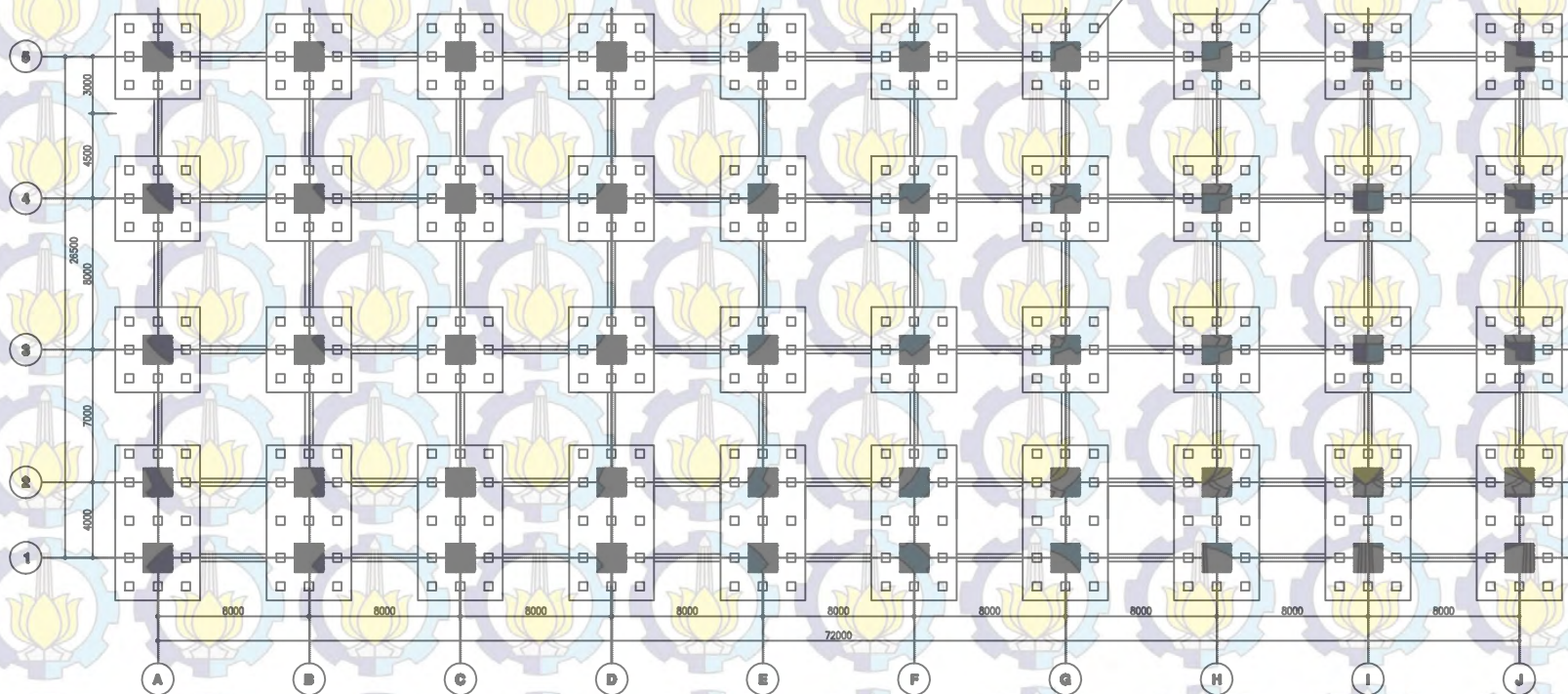
Windah, Reky Stenly. 2011. **"Penggunaan Dinding Geser Sebagai Elemen Penahan Gempa Pada Bangunan Bertingkat 10 Lantai"**. Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol.1, No.2.ISSN 2087-9334 (151-155).

Zakki, Muhammad. 2013. **"Modifikasi Perencanaan Gedung Tower C Kebagusan City Jakarta Menggunakan Struktur Baja Komposit"**. Jurnal Teknik POMITS Vol. 2, No. 1. ISSN: 2337-3539



*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
LAPORAN AKHIR  
2009

#### KETERANGAN GAMBAR

#### JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
CASTELLATED BEAM DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE

#### JUDUL PROYEK

PROYEK GEDUNG DAN KANTOR  
PT. PELINDO II

#### DOSEN KONSULTASI

BUDI SUWANTO, ST., MT., P.D

#### MAHASISWA

ZULAIKHA FURPTA ARIM  
NRP. 3112160061

#### SKALA

#### NAMA GAMBAR

DENAH SLOOF  
DAN PONDASI

NO.GBR JML.GBR

01

24





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
LANTAI BAKAR  
2009

#### KETERANGAN GAMBAR

#### JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR BALOK  
CASTELLATED BEAM DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE

#### JUDUL PROYEK

PROYEK GEDUNG DAN KANTOR  
PT. PELINDO II

#### DOSEN KONSULTASI

BUDI SUBWANTO, ST., MT., P.D

#### MAHASISWA

ZULAIKHA FURPTA ARIM  
NRP. 3112160001

#### SKALA

1 : 350

#### NAMA GAMBAR

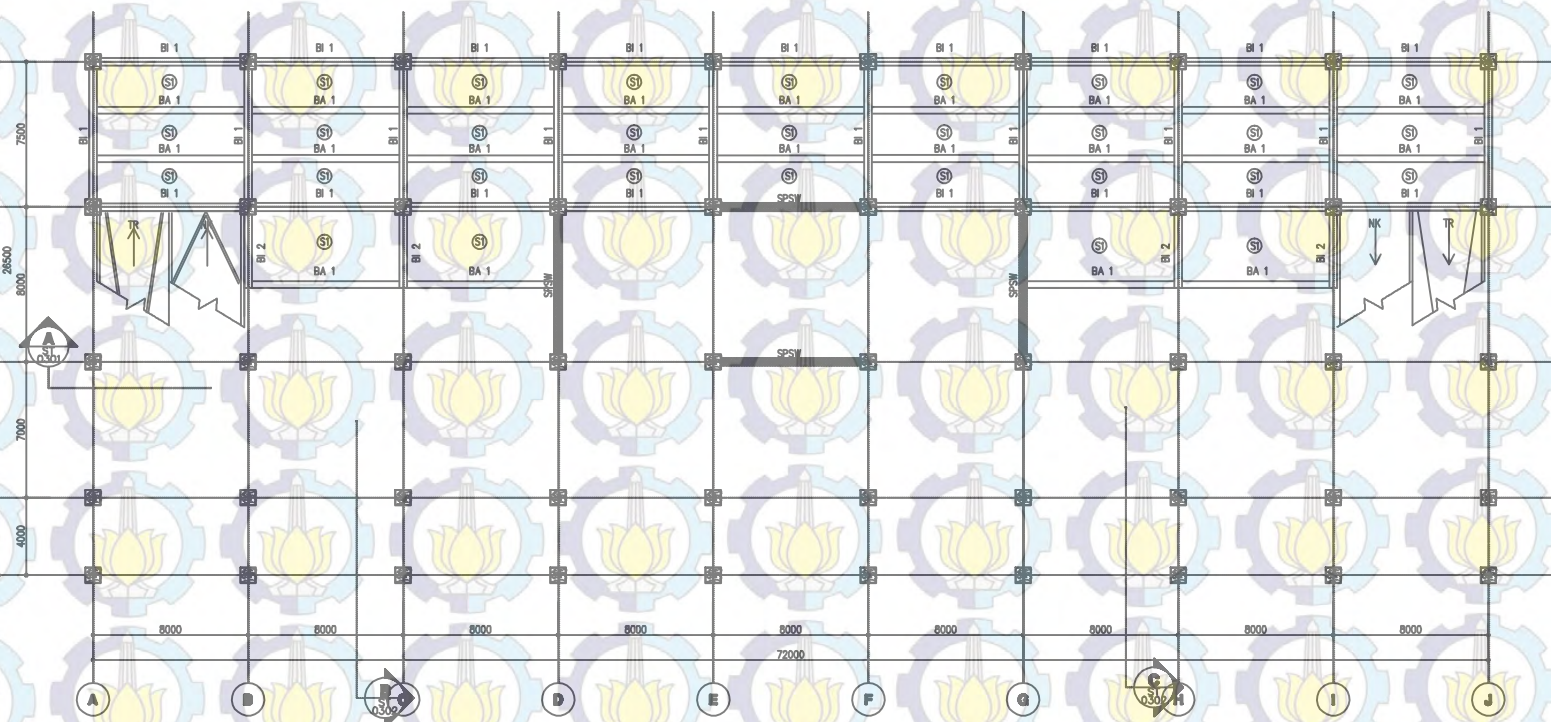
DENAH BALOK  
LANTAI 1A - 3A

NO.GBR

02

JML.GBR

24



BI 1	WF 450 X 200 X 9 X 14	CB 563 X 200 X 9 X 14
BI 2	WF 350 X 250 X 8 X 12	-
BA 1	WF 400 X 200 X 8 X 13	CB 500 X 200 X 8 X 13





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
LATIHAN KAPAS  
2009

#### KETERANGAN GAMBAR

#### JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR BALOK  
CASTELLATED BEAM DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE

#### JUDUL PROYEK

PROYEK GEDUNG DAN KANTOR  
PT. PELINDO II

#### DOSEN KONSULTASI

BUDI SUBWANTO, ST., MT., P.D

#### MAHASISWA

ZULAIKHA FURPTA ARIM  
NRP. 3112160001

#### SKALA

1 : 350

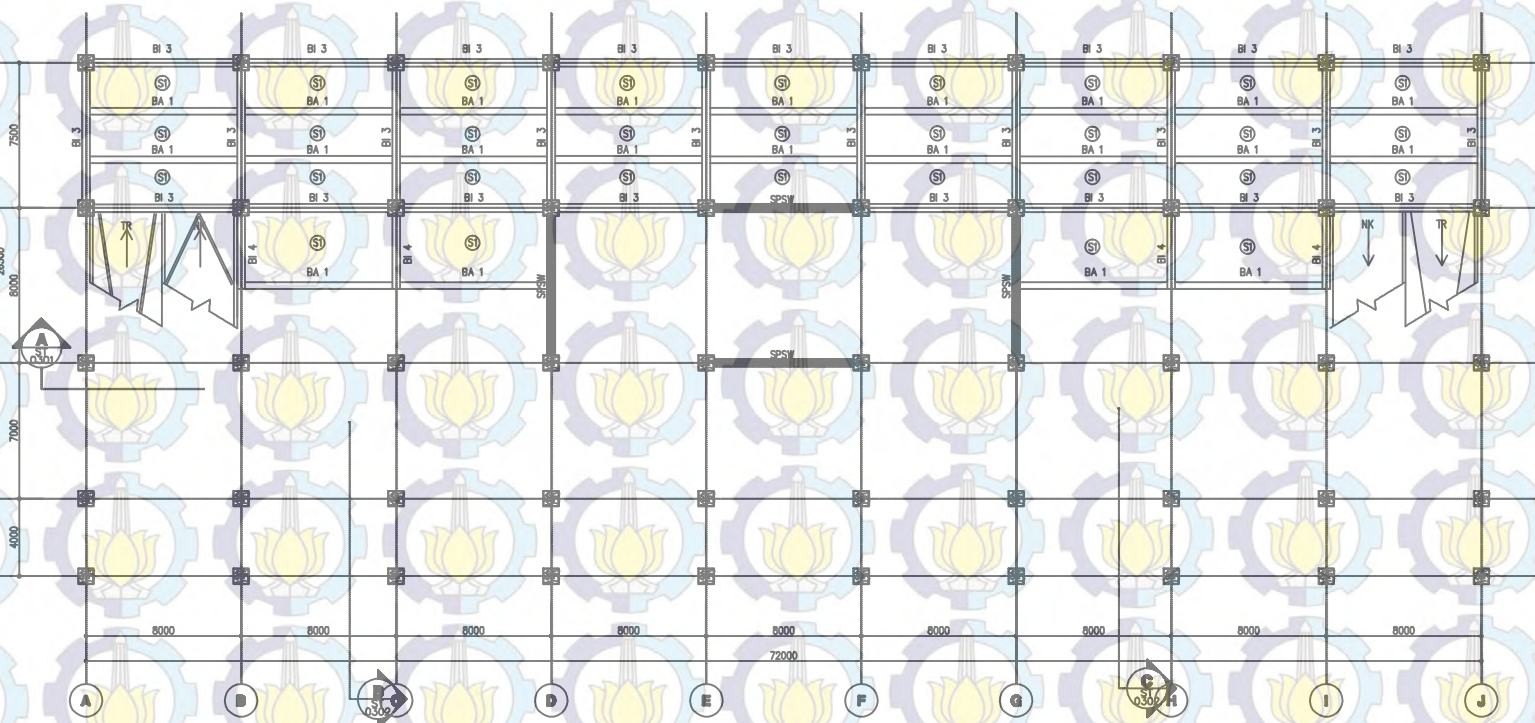
#### NAMA GAMBAR

DENAH BALOK  
LANTAI 4A - 5A

NO.GBR	JML.GBR
--------	---------

03

24



BI 3	WF 450 X 200 X 8 X 12	CB 558 X 200 X 8 X 12
BI 4	WF 350 X 250 X 8 X 12	-
BA 1	WF 400 X 200 X 8 X 13	CB 500 X 200 X 8 X 13





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
LATIHAN KARYA  
2009

#### KETERANGAN GAMBAR

#### JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR BALOK  
CASTELLATED BEAM DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE

#### JUDUL PROYEK

PROYEK GEDUNG DAN KANTOR  
PT. PELINDO II

#### DOSEN KONSULTASI

BUDI SUHWANTO, ST., MT., P.D

#### MAHASISWA

ZULAIKHA FURPTA ARIM  
NRP. 3112160001

#### SKALA

1 : 350

#### NAMA GAMBAR

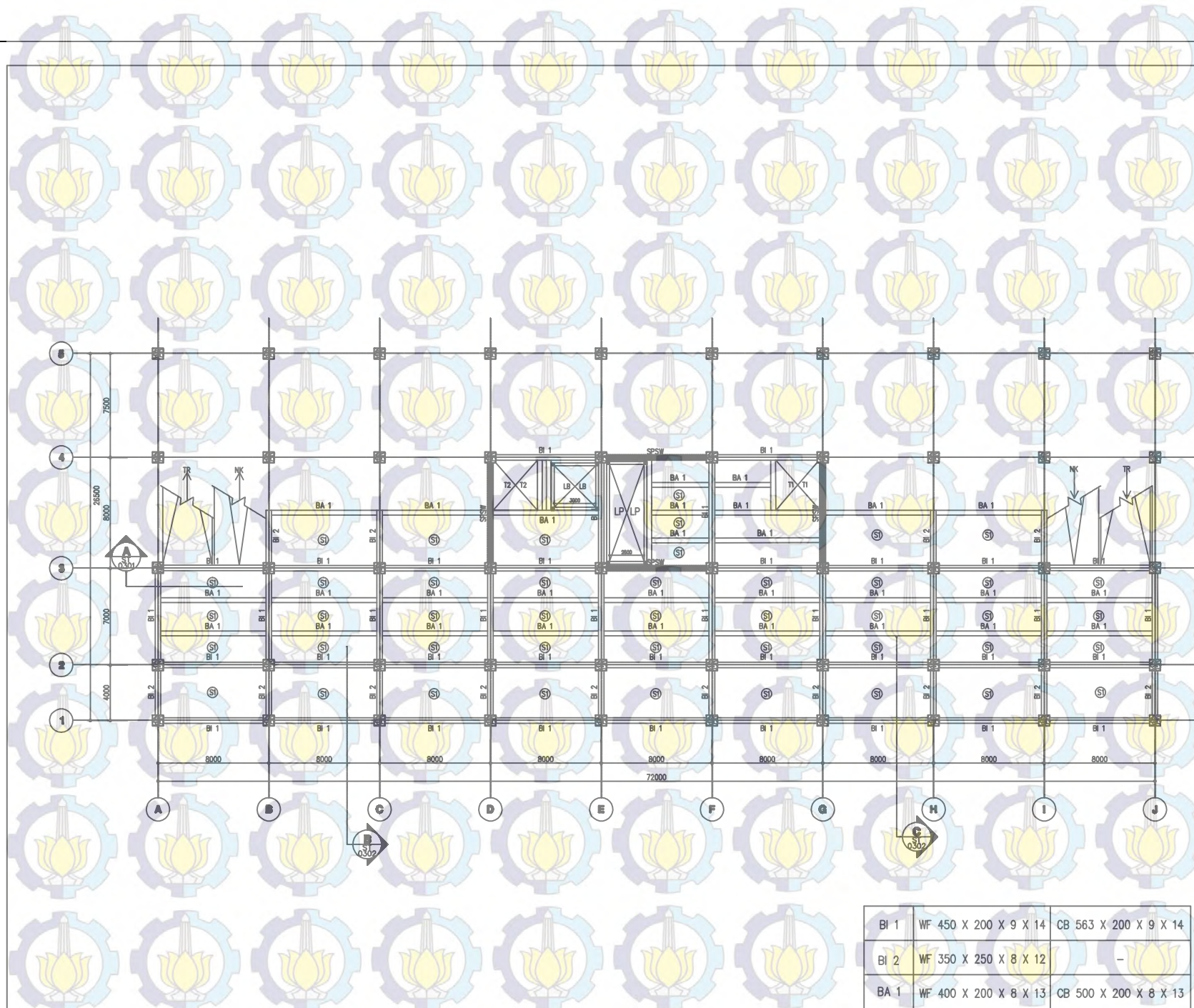
DENAH BALOK  
LANTAI 2-3

NO.GBR

04

JML.GBR

24







INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
LANTAI KATUN  
2000

#### KETERANGAN GAMBAR

#### JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR BALOK  
CASTELLATED BEAM DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE

#### JUDUL PROYEK

PROYEK GEDUNG DAN KANTOR  
PT. PELINDO II

#### DOSEN KONSULTASI

BUDI SUBWANTO, ST., MT., P.D

#### MAHASISWA

ZULAIKHA FURPTA ARIM  
NRP. 3112160001

#### SKALA

1 : 350

#### NAMA GAMBAR

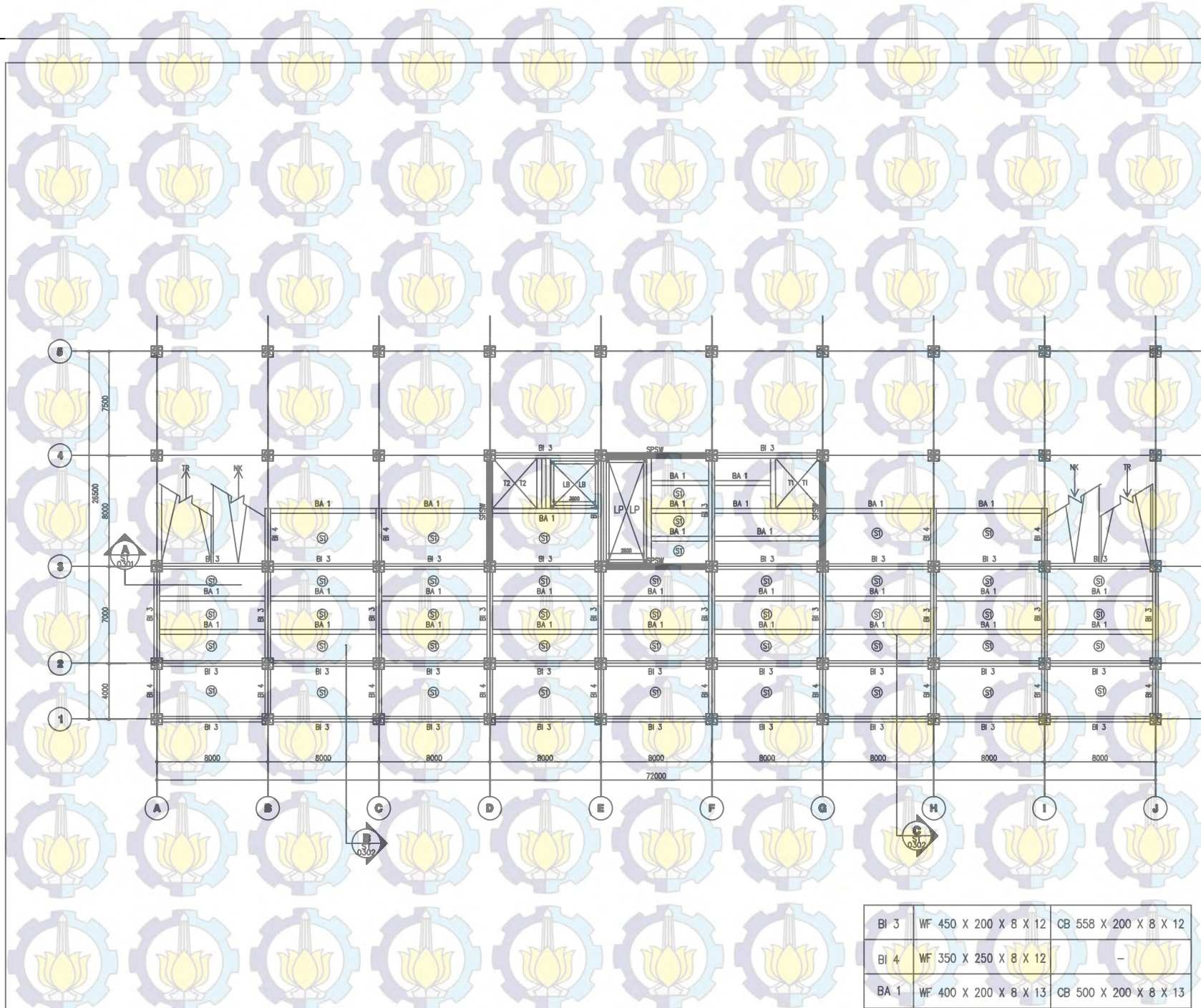
DENAH BALOK  
LANTAI 4-6

NO.GBR

05

JML.GBR

24



BI 3	WF 450 X 200 X 8 X 12	CB 558 X 200 X 8 X 12
BI 4	WF 350 X 250 X 8 X 12	-
BA 1	WF 400 X 200 X 8 X 13	CB 500 X 200 X 8 X 13









INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
LATIHAN KARYA  
2009

**KETERANGAN GAMBAR**

**JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR BALOK  
CASTELLATED BEAM DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE

**JUDUL PROYEK**

PROYEK GEDUNG DAN KANTOR  
PT. PELINDO II

**DOSEN KONSULTASI**

BUDI SUBWANTO, ST., MT., P.D

**MAHASISWA**

ZULAIKHA FURPTA ARIM  
NRP. 3112160001

**SKALA**

1 : 350

**NAMA GAMBAR**

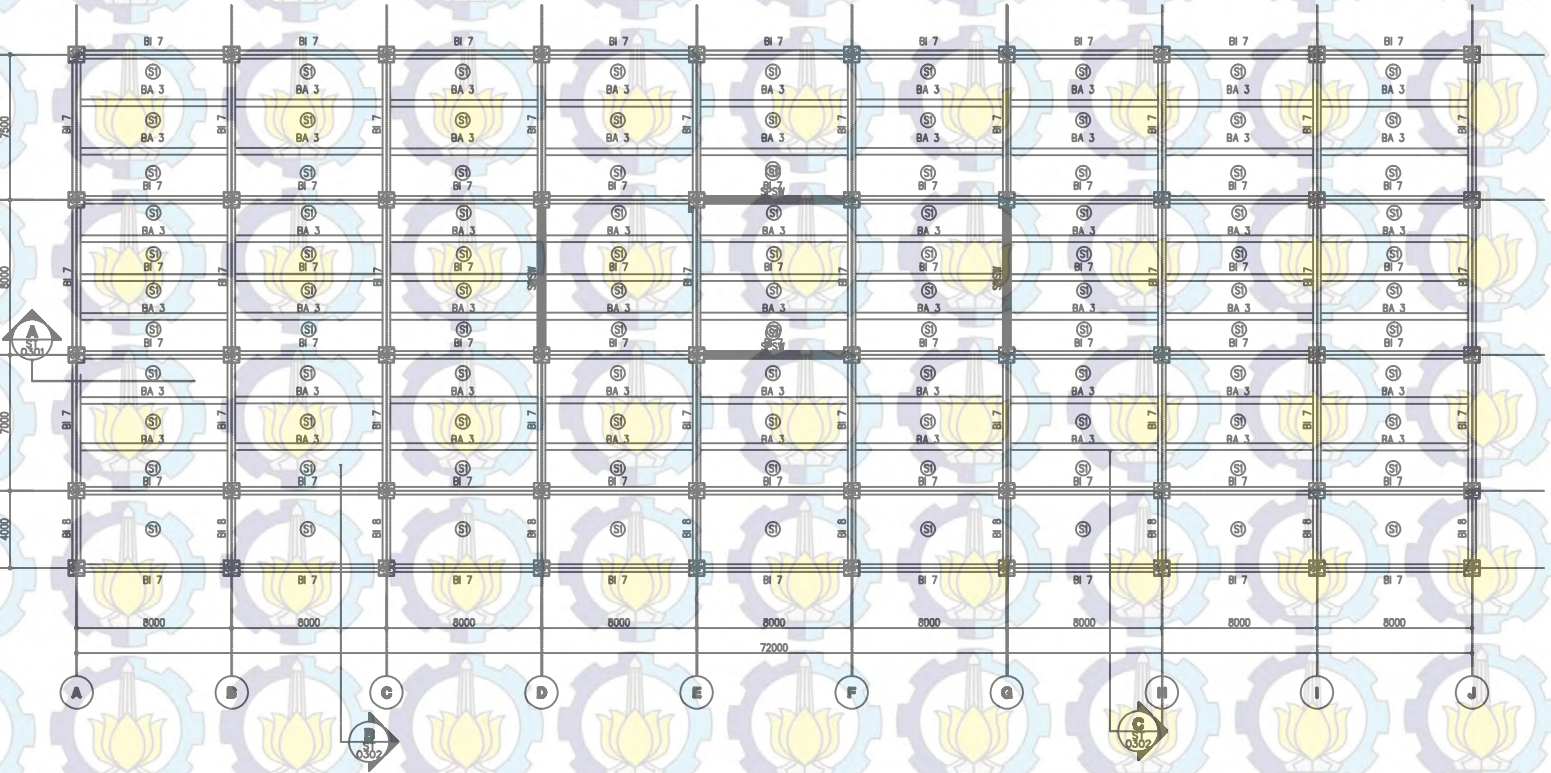
DENAH BALOK  
LANTAI ATAP

**NO.GBR**

**07**

**JML.GBR**

**24**



BI 7	WF 250 X 175 X 7 X 11	CB 305 X 175 X 7 X 11
BI 8	WF 250 X 125 X 5 X 8	-
BA 3	H 200 X 200 X 8 X 12	CB 250 X 200 X 8 X 12





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
LANTAI BAKAR  
2009

#### KETERANGAN GAMBAR

#### JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR BALOK  
CASTELLATED BEAM DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE

#### JUDUL PROYEK

PROYEK GEDUNG DAN KANTOR  
PT. PELINDO II

#### DOSEN KONSULTASI

BUDI SUBWANTO, ST., MT., P.D

#### MAHASISWA

ZULAIKHA PURNITA ARIM  
NRP. 3112160001

#### SKALA

1 : 350

#### NAMA GAMBAR

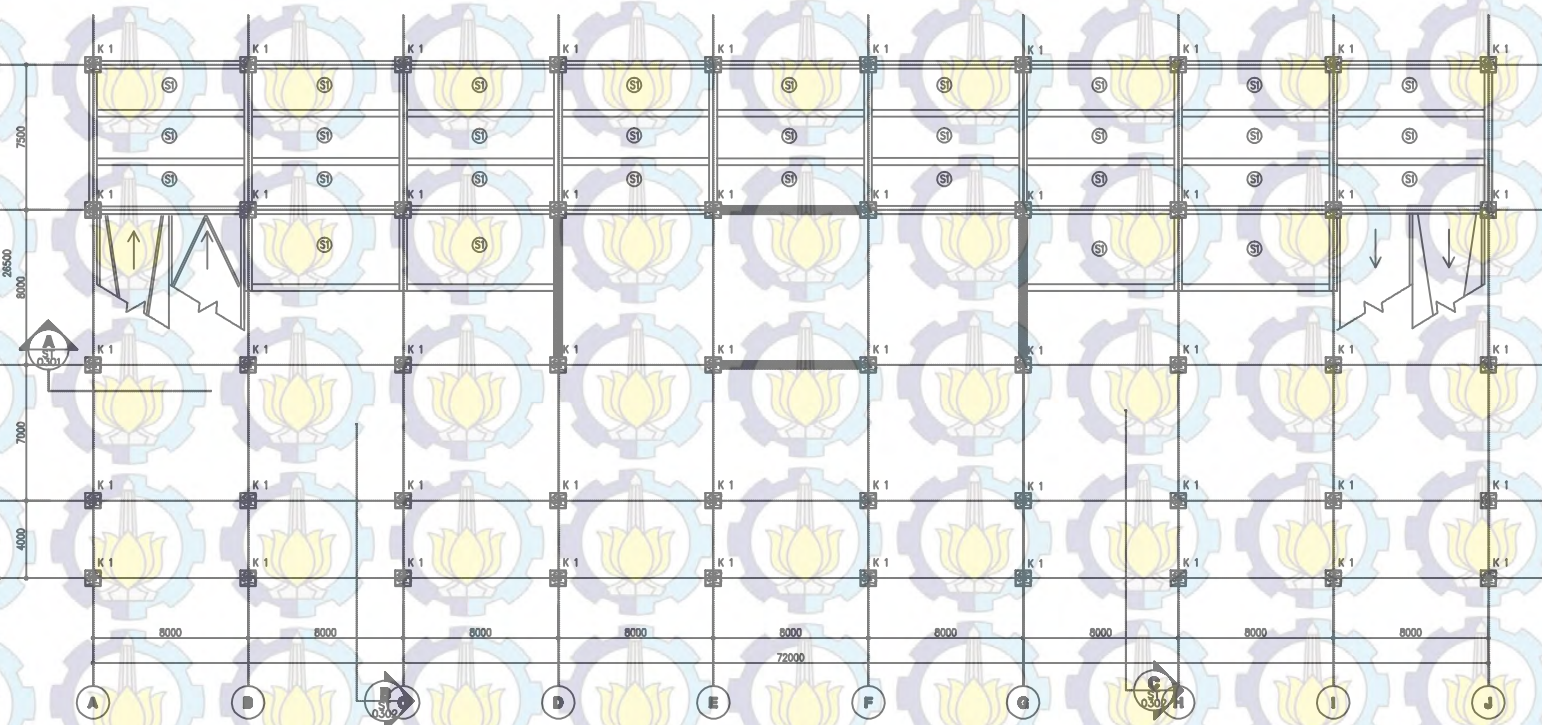
DENAH KOLOM  
LANTAI 1A - 5A

NO.GBR

08

JML.GBR

24



K 1	HSS 800 X 800 X 25 X 25
K 2	HSS 700 X 700 X 22 X 22
K 3	HSS 600 X 600 X 16 X 16









INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
LANTAI BAKAR  
2009

#### KETERANGAN GAMBAR

#### JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
CASTELLATED BEAM DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE

#### JUDUL PROYEK

PROYEK GEDUNG DAN KANTOR  
PT. PELINDO II

#### DOSEN KONSULTASI

BUDI SUBWANTO, ST., MT., P.D

#### MAHASISWA

ZULAIKHA FURPTA ARIM  
NRP. 5112160001

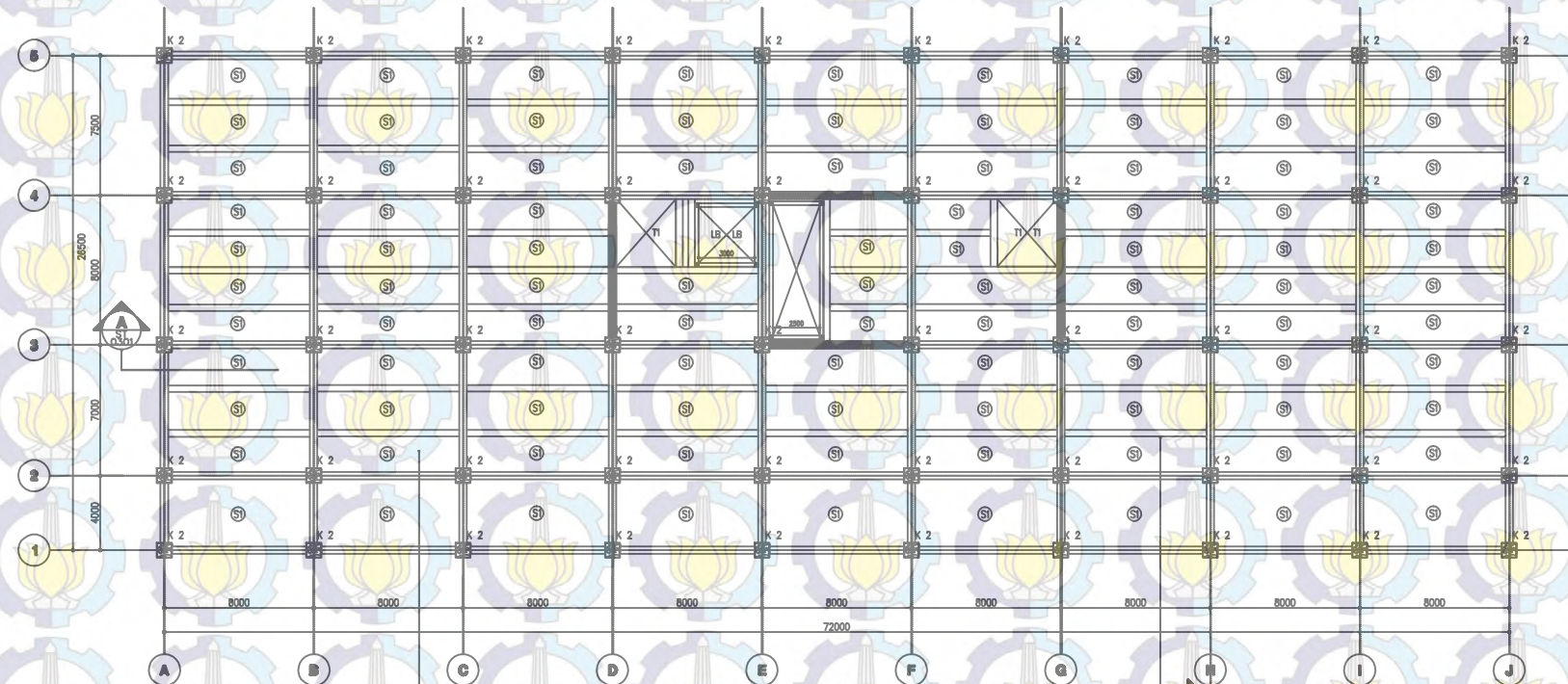
#### SKALA

1 : 350

#### NAMA GAMBAR

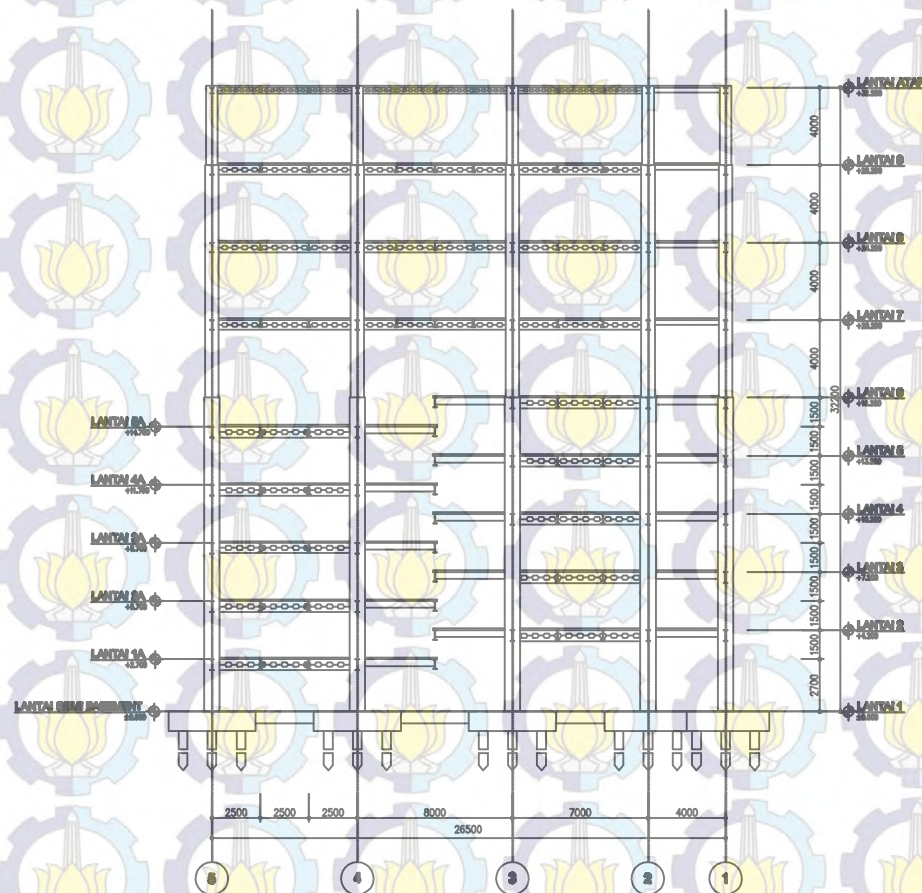
DENAH KOLOM  
LANTAI 7-9

NO.GBR	JML.GBR
10	24



K 1	HSS 800 X 800 X 25 X 25
K 2	HSS 700 X 700 X 22 X 22
K 3	HSS 600 X 600 X 16 X 16





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
LATIHAN KARYA  
2009

#### KETERANGAN GAMBAR

#### JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
CASTLLED BEAM DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE

#### JUDUL PROYEK

PROYEK GEDUNG DAN KANTOR  
PT. PELINDO II

#### DOSEN KONSULTASI

BUDI SUBWANTO, ST., MT., P.D

#### MAHASISWA

ZULAIKHA PURNITA ARIM  
NRP. 3112160001

#### SKALA

#### NAMA GAMBAR

#### POTONGAN B & C

NO.GBR

JML.GBR

11

24





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
LATIHAN KARYA  
2009

#### KETERANGAN GAMBAR

#### JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
MENGGUNAKAN STRUKTUR BALOK  
CASTELLATED BEAM DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE

#### JUDUL PROYEK

PROYEK GEDUNG DAN KANTOR  
PT. PELINDO II

#### DOSEN KONSULTASI

BUDI SUBWANTO, ST., MT., P.D

#### MAHASISWA

ZULAIKHA PURNITA ARIM  
NRP. 5112160001

#### SKALA

#### NAMA GAMBAR

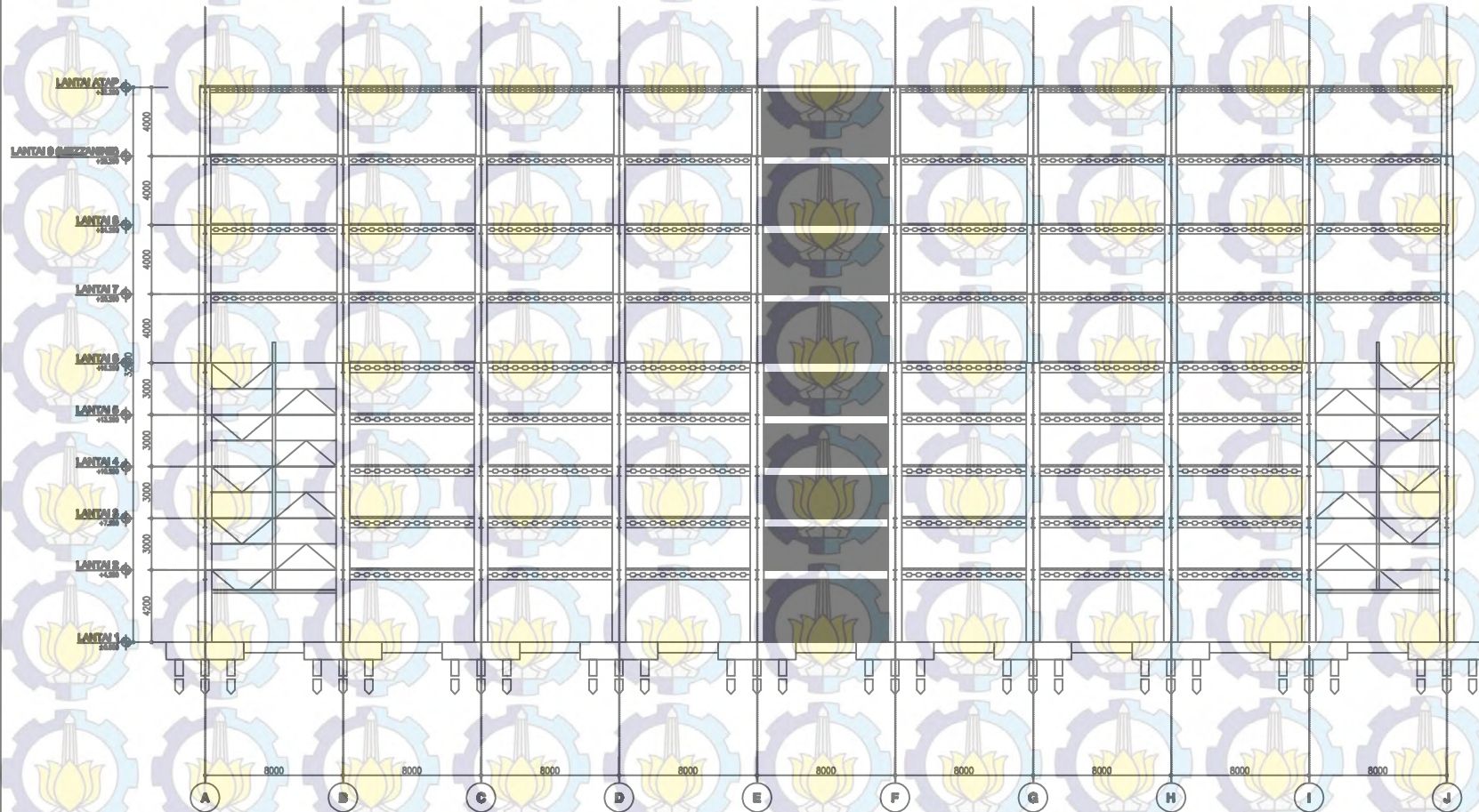
#### POTONGAN A

NO.GBR

12

JML.GBR

24







INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
TAHAP SARAF  
2009

**KETERANGAN GAMBAR**

**JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
CASTELLATED BEAM DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE

**JUDUL PROYEK**

PROYEK GEDUNG DAN KANTOR  
PT. PELINDO II

**DOSEN KONSULTASI**

BUDI SUBWANTO, ST., MT., P.D

**MAHASISWA**

ZULAIKHA FURPTA ARIM  
NRP. 5112160001

**SKALA**

1 : 50

**NAMA GAMBAR**

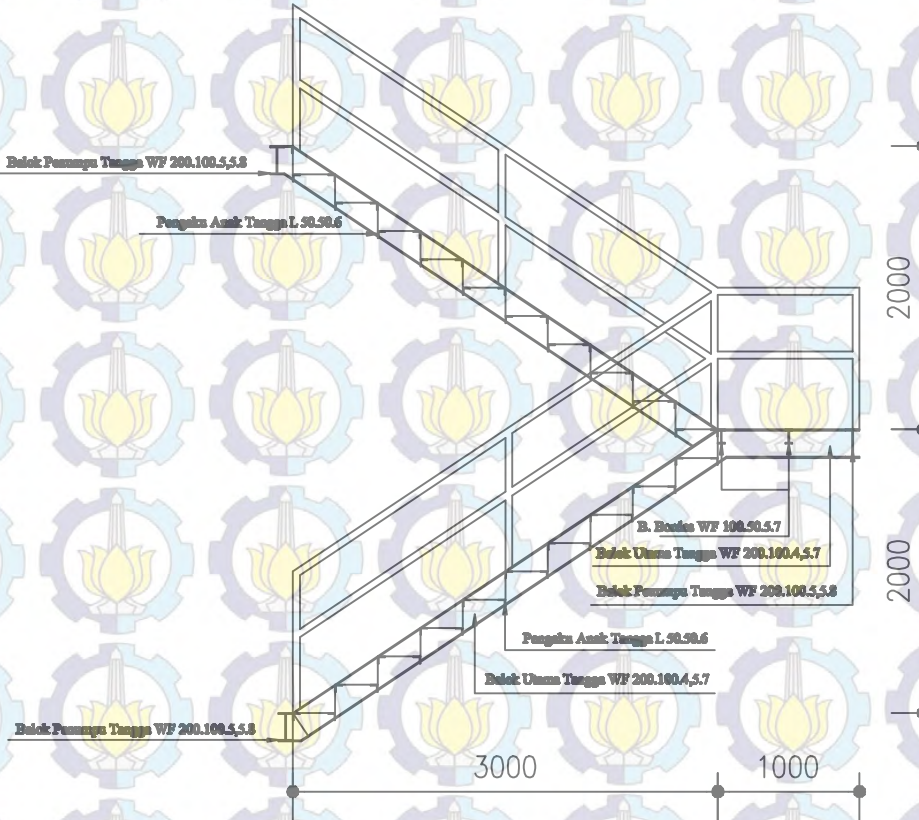
Potongan Tangga

**NO.GBR**

**13**

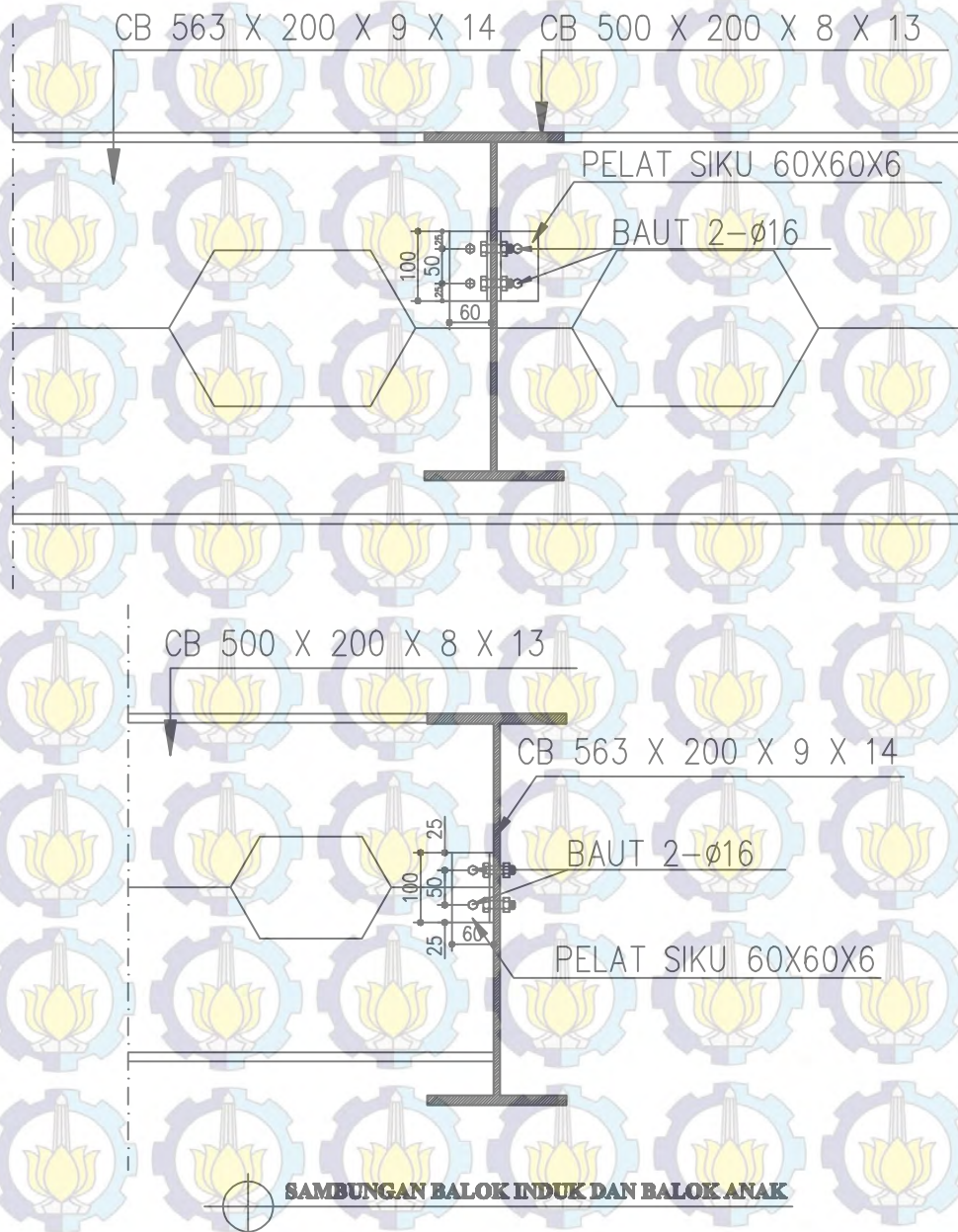
**JML.GBR**

**24**



**POTONGAN TANGGA**





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
KEPADA SAYA  
2016

#### KETERANGAN GAMBAR

#### JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR BALOK  
CASTELLATED BEAM DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE

#### JUDUL PROYEK

PROYEK GEDUNG DAN KANTOR  
PT. PELINDO II

#### DOKEN KONSULTASI

BUDI SUBWANTO, ST., MT., P.E.

#### MAHASISWA

ZULAIKHA PURNITA ARUM  
NRP. 3113160061

#### SKALA

1 : 10

#### NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK  
INDUK DAN BALOK ANAK

NO.GBR

JML.GBR

14

24



**BALOK PENUMPU TANGGA**  
WF 200 X 100 X 5,5 X 8

**BALOK UTAMA TANGGA**  
WF 200 X 100 X 4,5 X 7

PELAT SIKU 40X40X4

BAUT 1 Ø8

**SAMBUNGAN BALOK UTAMA TANGGA  
DENGAN BALOK PENUMPU TANGGA**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
KEPADA SAYUR  
2016

**KETERANGAN GAMBAR**

**JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR**

**MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR BALOK  
CASTELLATED BEAM DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE**

**JUDUL PROYEK**

**PROYEK GEDUNG DAN KANTOR  
PT. PELINDO II**

**DOKEN KONSULTASI**

**BUDI SUBWANTO, ST., MT., P.D**

**MAHASISWA**

**ZULAIKHA PURNITA ARUM  
NRP. 3113160061**

**SKALA**

**1 : 2**

**NAMA GAMBAR**

**SAMBUNGAN BALOK  
UTAMA TANGGA DENGAN  
BALOK PENUMPU  
TANGGA**

**NO.GBR**

**JML.GBR**

**15**

**24**



**KOLOM CFT 800X800X25X25**

**LAS SUDUT  
4 mm Fe100xx**

**BAUT 2 Ø10**

**BALOK PENUMPU TANGGA  
WF 200 X 100 X 5,5 X 8**

**PELAT SAMBUNG T = 5mm**

**SAMBUNGAN BALOK PENUMPU TANGGA  
DENGAN KOLOM**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
KEPADA SAYA  
2016

**KETERANGAN GAMBAR**

**JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR**

**MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR BALOK  
CASTELLATED BEAM DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE**

**JUDUL PROYEK**

**PROYEK GEDUNG DAN KANTOR  
PT. PELINDO II**

**DOKEN KONSULTASI**

**BUDI SUBWANTO, ST., MT., P.D**

**MAHASISWA**

**ZULAIKHA PURNITA ARUM  
NRP. 3113160041**

**SKALA**

**1 : 3**

**NAMA GAMBAR**

**SAMBUNGAN BALOK  
PENUMPU TANGGA  
DENGAN KOLOM**

**NO.GBR**

**JML.GBR**

**16**

**24**





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
KEPADA SAYA  
2016

#### KETERANGAN GAMBAR

#### JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR BALAJA  
CASTELLATED BEAM DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE

#### JUDUL PROYEK

PROYEK GEDUNG DAN KANTOR  
PT. PELINDO II

#### DOKEN KONSULTASI

BUDI SUBWANTO, ST., MT., P.D

#### MAHASISWA

ZULAIKHA PURNITA ARUM  
NRP. 3113160061

#### SKALA

1 : 6

#### NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN KOLOM  
DENGAN KOLOM

NO.GBR	JML.GBR
17	24

KOLOM CFT 800X800X25X25

Fe100xx

KOLOM CFT 800X800X25X25

SAMBUNGAN KOLOM DENGAN KOLOM



KOLOM CFT 800X800X25X25

SPSW  $t = 3\text{mm}$

CIP Fe100xx

LAS SUDUT  
W=3mm Fe100xx

TAMPAK DEPAN

100

KOLOM CFT 800X800X25X25

$f_c = 35\text{ MPa}$

SPSW  $t = 3\text{mm}$

LAS SUDUT  
W=3mm Fe100xx

LAS SUDUT  
W=3mm Fe100xx

CIP Fe100xx

TAMPAK ATAS

100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
KEPADA SAYA  
2016

KETERANGAN GAMBAR

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
CASTELLATED BEAM DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE

JUDUL PROYEK

PROYEK GEDUNG DAN KANTOR  
PT. PELINDO II

DOKEN KONSULTASI

BUDI SUBWANTO, ST., MT., P.D

MAHASISWA

ZULAIKHA PURNITA ARUM  
NRP. 3113160061

SKALA

1 : 4

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN SPSW  
DENGAN KOLOM

NO.GBR

JML.GBR

18

24









INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
KEPADA SAYUR  
2016

#### KETERANGAN GAMBAR

#### JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR BALOK  
CASTELLATED BEAM DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE

#### JUDUL PROYEK

PROYEK GEDUNG DAN KANTOR  
PT. PELINDO II

#### DOSEN KONSULTASI

BUDI SUBWANTO, ST., MT., Ph.D

#### MAHASISWA

ZULAIKHA PURNITA ARUM  
NRP. 3113160061

#### SKALA

1 : 25

#### NAMA GAMBAR

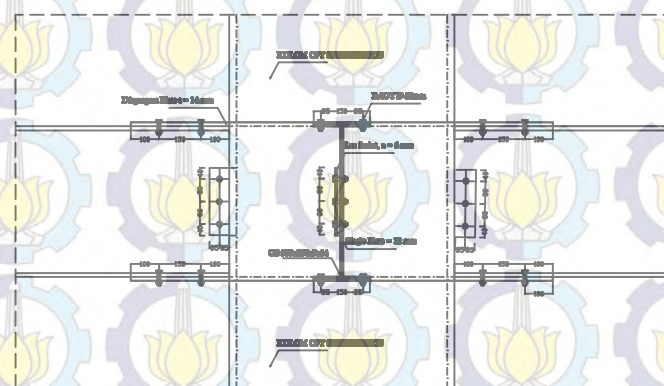
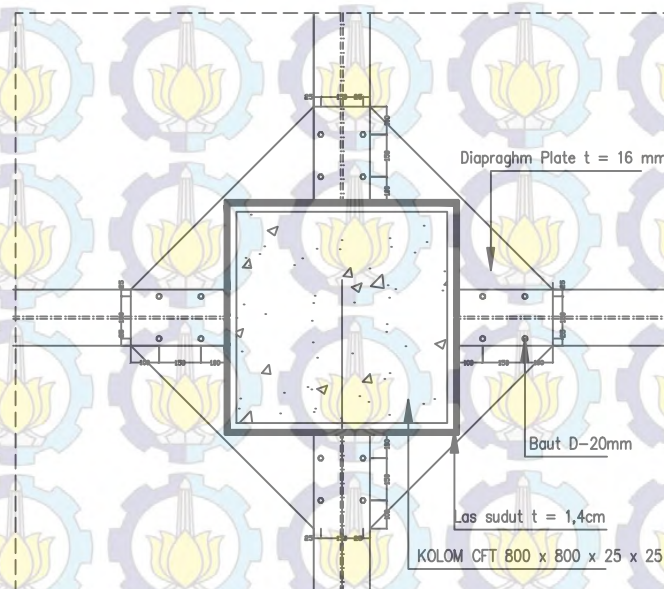
SAMBUNGAN BALOK  
INDUK DENGAN  
KOLOM

NO.GBR

20

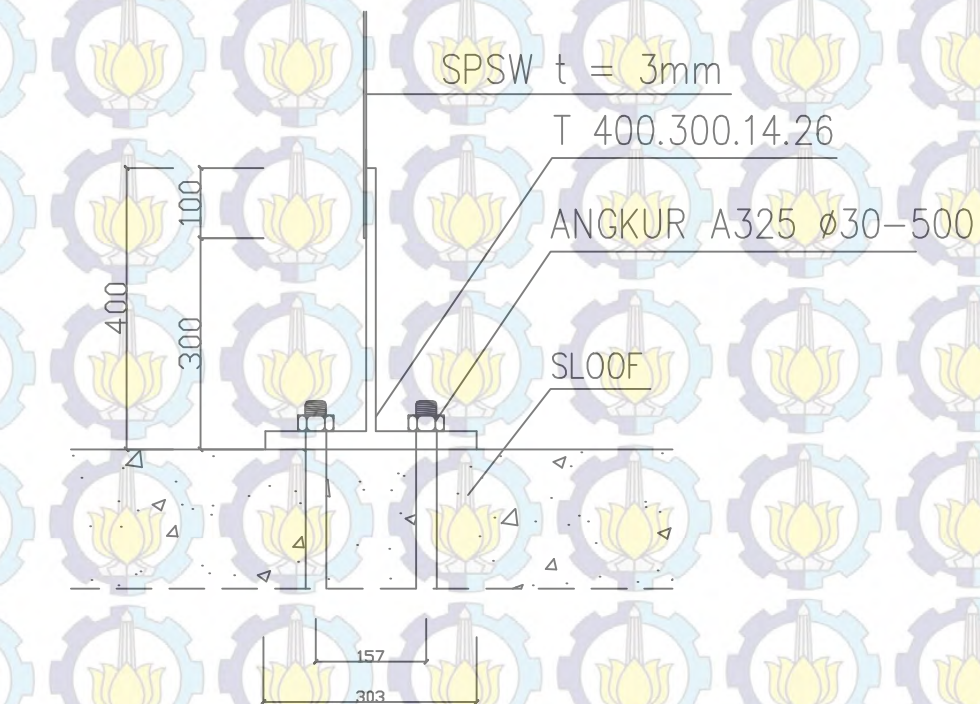
JML.GBR

24



SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN KOLOM





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
KEPADA SAYA  
2016

#### KETERANGAN GAMBAR

#### JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR BALOK  
CASTELLATED BEAM DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE

#### JUDUL PROYEK

PROYEK GEDUNG DAN KANTOR  
PT. PELINDO II

#### DOKEN KONSULTASI

BUDI SUBWANTO, ST., MT., P.D

#### MAHASISWA

ZULAIKHA PURNITA ARUM  
NRP. 3113160041

#### SKALA

1 : 10

#### NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN SPSW  
DENGAN SLOOF

NO.GBR	JML.GBR
--------	---------

21

24





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
LEPAS BATU  
2016

**KETERANGAN GAMBAR**

**JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR BALAJA  
CASTELLATED BEAM DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE

**JUDUL PROYEK**

PROYEK GEDUNG DAN KANTOR  
PT. PELINDO II

**DOKEN KONSULTASI**

BUDI SUBWANTO, ST., MT., P.D

**MAHASISWA**

ZULAIKHA PURNITA ARUM  
NRP. 3113160061

**SKALA**

1 : 25

**NAMA GAMBAR**

SAMBUNGAN  
KOLOM DENGAN  
BASE PLATE

NO.GBR

JML.GBR

22

24

KOLOM CFT 800X800X25X5

PLAT PENGAKU  $t = 15 \text{ mm}$

LAS  $a = 2 \text{ cm}$

BADUT ANGKUR A307-50mm

BASE PLATE 1000X1000X25

KOLOM PRESTAL 1100X1100

LAS  $a = 2 \text{ cm}$

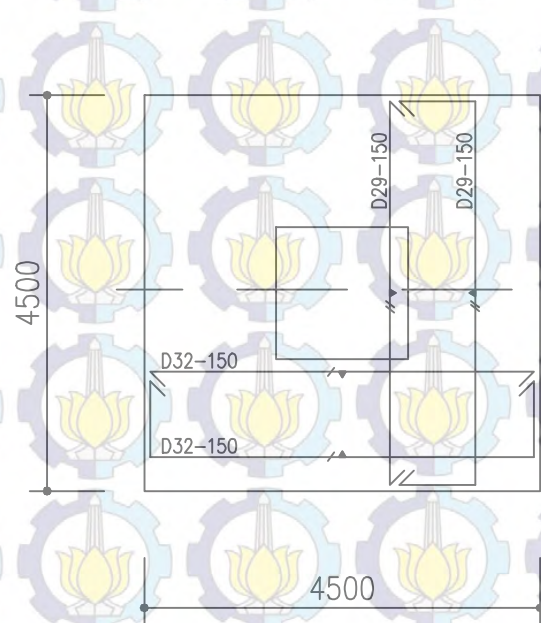
PLAT PENGAKU  $t = 15 \text{ mm}$

BADUT ANGKUR A307-50mm

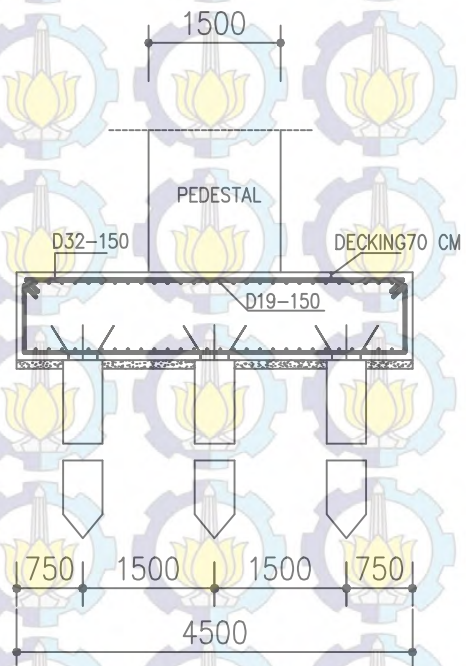
BASE PLATE 1000X1000X25

**SAMBUNGAN KOLOM DENGAN BASE PLATE**





**PENULANGAN POER**



**POTONGAN A**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
KEPADA SAYUR  
2016

**KETERANGAN GAMBAR**

**JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR BALOK  
CASTELLATED BEAM DAN KOLON  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE

**JUDUL PROYEK**

PROYEK GEDUNG DAN KANTOR  
PT. PELINDO II

**DOKEN KONSULTASI**

BUDI SUBWANTO, ST., MT., P.D

**MAHASISWA**

ZULAIKHA PURNITA ARUM  
NRP. 3113160061

**SKALA**

1 : 80

**NAMA GAMBAR**

**PENULANGAN POER**

NO.GBR	JML.GBR
23	24





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
LATIHAN KARYA  
2009

**KETERANGAN GAMBAR**

**JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG PARKIR DAN KANTOR  
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
CASTELLATED BEAM DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE

**JUDUL PROYEK**

PROYEK GEDUNG DAN KANTOR  
PT. PELINDO II

**DOSEN KONSULTASI**

BUDI SUHWANTO, ST., MT., P.D

**MAHASISWA**

ZULAIKHA FURPTA ARIM  
NRP. 5112160001

**SKALA**

1 : 30

**NAMA GAMBAR**

Pemilihan Sloof dan  
Pedestal

**NO.GBR**

24

**JML.GBR**

24

5 D22

d12-150

3 D22



Tumpuan  
400x600

**PENULANGAN SLOOF**

3 D22

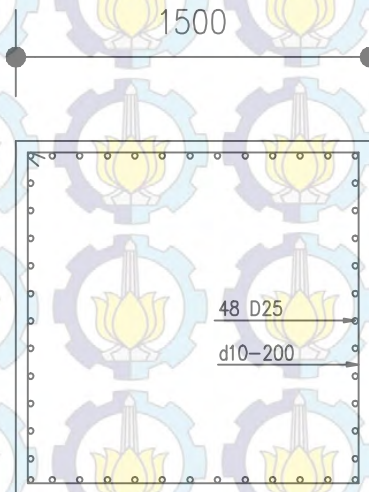
d12-200

5 D22



Lapangan  
400x600

**PENULANGAN PEDESTAL**





# BORING LOG

PROJECT NAME : HOTEL CBD  
 LOCATION : JL. BULEVAR GADING SERPONG - TANGERANG, BANTEN.  
 GROUND LEVEL (GL) : - 0,30 m thd jl.kawasan.  
 GROUND WTR LEVEL : - 2,60 m. GL.

BOR No. : DB. 1  
 DRILLER : Alamsyah  
 DATE : 18 - 18 Marst. '09

SCALE	DEPTH, M.	ELEVATION, M.	THICKNESS, M.	LOG SYMBOL	GENERAL SOIL DESCRIPTION	FIELD SAMPLING AND TESTING Depth Below Existing Ground Level in M.	STANDARD PENETRATION TEST								
							N-1	N-2	N-3	N-VALUE	10	20	30	40	50
1	0,60	0,00	0,00		Urugan - Lempung kelanauan, konsistensi sedang, coklat kemerahan.	1 1,00 - 1,50									
2	2,10	1,80	1,80		Lempung kelanauan/kepasiran, konsistensi sedang, abu-abu kekuningan dan hitam.	1 1,50 - 1,95	2	3	4	7					
3		2,10	2,10		Lanau kepasiran, konsistensi sangat teguh, abu-abu dan hitam bintik putih.	2 3,00 - 3,45	5	11	17	28					
4	4,20														
5	5,59	1,30	1,30		Pasir kasar campur gravels, sedikit Lanau, padat, hitam bintik putih.	3 4,50 - 4,95	8	16	24	40					
6		1,50	1,50		Lanau kelepungan, konsistensi sangat teguh, abu-abu kecoklatan campur kuning.	4 6,00 - 6,45	5	8	13	21					
7	7,00														
8	8,50	1,50	1,50		Lanau kelepungan/kepasiran, konsistensi sedang, coklat kekuningan campur abu-abu.	2 7,00 - 7,50 5 7,50 - 7,95	2	3	4	7					
9		1,80	1,80		Lanau kelepungan, konsistensi sangat teguh, abu-abu kekuningan bintik hitam coklat.	6 9,00 - 9,45	5	9	14	23					
10	10,30														
11		1,70	1,70		Lanau kelepungan, konsistensi sangat teguh, coklat gelap campur organic.	7 10,50 - 10,95	3	4	7	11					
12	12,00														
13	13,40	1,40	1,40		Lanau kelepungan, konsistensi teguh, abu-abu kehitaman.	8 12,00 - 12,45	3	5	7	12					
14	14,60	1,20	1,20		Pasir bergradasi kasar kelanauan, padat, hitam bintik abu-abu dan kuning.	9 13,50 - 13,95	8	14	23	37					
15															
16		3,20	3,20		Pasir bergradasi halus, sangat padat, mulai membatu, hitam.	10 15,00 - 15,31	11	28	5/1	>50					
17	17,80														
18		1,70	1,70		Lanau kelepungan, konsistensi keras, abu-abu kekuningan campur hitam.	11 16,50 - 16,66	32	5/1	-	>50					
19	19,50														
20		2,50	2,50		Lanau kelepungan, konsistensi sangat teguh, abu-abu gelap campur coklat dan kuning.	12 18,00 - 18,45	8	15	23	38					
21	22,00														
22		1,60	1,60		Lanau kelepungan, konsistensi sangat teguh, coklat gelap campur organic.	13 19,50 - 19,95	4	7	9	16					
23	23,60														
24		1,50	1,50		Lanau kelepungan, konsistensi sangat teguh, abu-abu kekuningan dan hitam.	14 21,00 - 21,45	5	7	11	18					
25	25,20														
26		3,20	3,20		Lanau kelepungan, konsistensi sangat teguh, abu-abu gelap campur coklat dan kuning.	15 22,50 - 22,95	3	5	10	15					
27	28,40														
28		2,05	2,05		Lanau kelepungan, konsistensi sangat teguh, coklat kekuningan dan hitam.	16 24,00 - 24,45	6	11	15	26					
29	30,45														
30															
31															
32															
33															
					Akhir Boring : 30,45 m.GL.	17 25,50 - 25,95	5	10	13	23					
						18 27,00 - 27,45	6	11	15	26					
						19 28,50 - 28,95	4	10	14	24					
						20 30,00 - 30,45	5	12	15	27					



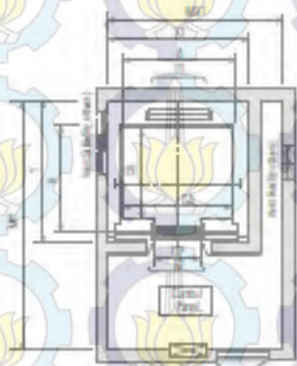
PT. INDECO PRIMA  
 Investigation, Design Consultants

- Thin Wall Tube Sample (TW)
- Standard Penetration Test (SPT).
- Core Sample

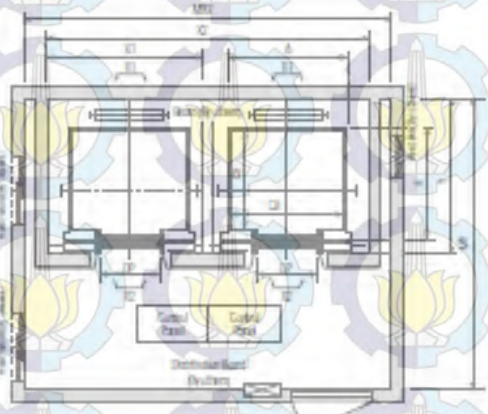
No. : 5448032009

Fig. :



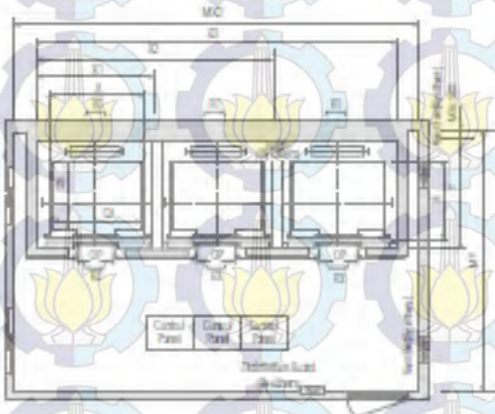
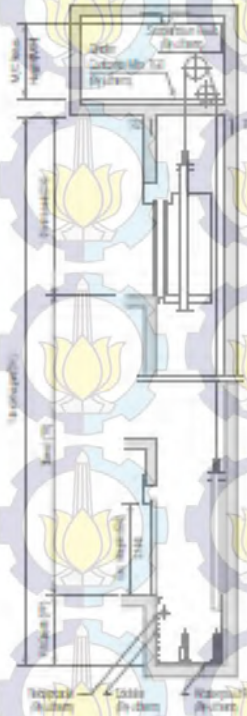


Maximum temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner if necessary and humidity below 75%.



Master Plan  
Access Available  
100% x 100%

## Section of Aiseway



Access to complete text:  
\$100 (ref. 0020000000)

### Standard Dimensions & Reactions

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Depth	Cor		Holstway					M/C Room				M/C Room Reaction (kg)		Pet Reaction (kg)	
	Persons	kg		OP	Internal CA x CB	External A x B	1Car X1	2Cars X2	3Cars X3	4Cars Y	1Car MX1	2Cars MX2	3Cars MX3	4Cars MY	R1	R2	R3	R4
1.0	8	400	800	1400X1800	1440X1200	1400	2700	3600	1400	3000	4000	4000	3000	2400	2000	4000	4000	
	9	430	860	1400X1800	1440X1200	1500	2700	3600	1410	3000	4000	4000	3000	2400	2000	4000	4000	
	9	400	800	1400X1800	1440X1200	1500	2700	3600	1710	3000	4000	4000	3000	2400	2000	4000	4000	
	10	700	800	1400X1800	1440X1200	1500	2700	3600	1800	3000	4000	4000	3000	2400	2000	4000	4000	
	11	780	800	1400X1800	1440X1200	1500	2700	3600	1780	3000	4000	4000	3000	2400	2000	4000	4000	
1.1	10	700	700	1400X1800	1440X1200	2000	4000	4000	1700	3000	4000	4000	3000	2400	2000	4000	4000	
	11	1000	900	1400X1800	1440X1200	2000	4000	4000	1900	3000	4000	4000	3000	2400	2000	4000	4000	
1.2	11	1100	1000	1800X1800	1900X1400	2000	4000	4000	2000	3000	4000	4000	3000	2400	2000	4000	4000	
	12	1100	1000	2000X1800	2100X1400	2000	4000	4000	2000	3000	4000	4000	3000	2400	2000	4000	4000	
1.3	12	1200	1000	1800X1800	1900X1400	2000	4000	4000	2000	3000	4000	4000	3000	2400	2000	4000	4000	
	13	1200	1100	2000X1800	2100X1400	2000	4000	4000	2000	3000	4000	4000	3000	2400	2000	4000	4000	
1.4	14	1400	1100	2000X1800	2100X1400	2000	4000	4000	2000	3000	4000	4000	3000	2400	2000	4000	4000	
	15	1400	1200	2100X1800	2200X1400	2000	4000	4000	2000	3000	4000	4000	3000	2400	2000	4000	4000	

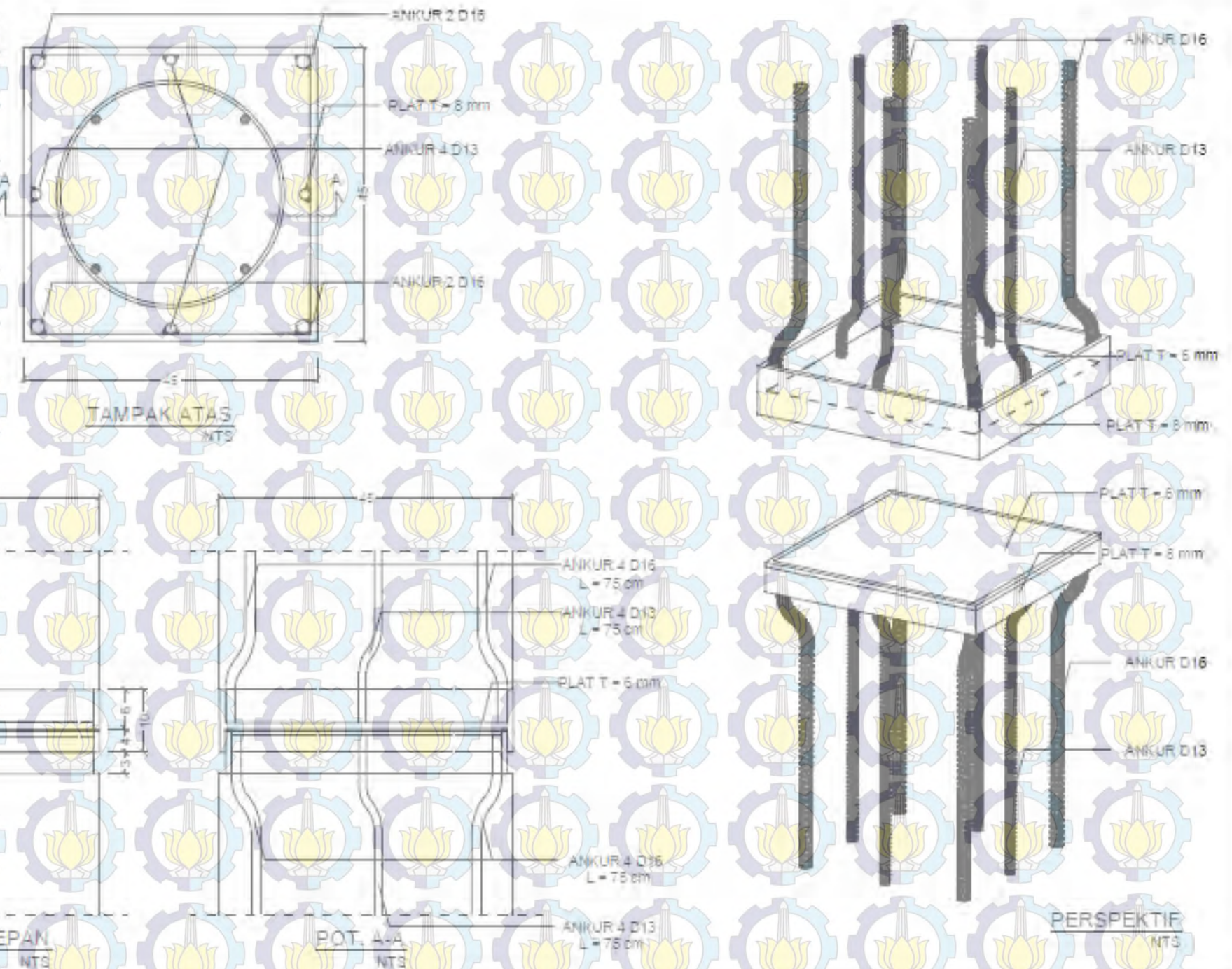
1. Access to water supply infrastructure is limited in 15 informal buildings. The association to seven informal buildings has the capacity to construct a well that is at least 5% larger than existing. The capacity of the well depends on the location of the buildings.
2. Access to electricity is based on informal power sharing. The association has agreements with each community manager, but it is not clear if the association has the capacity to install a formal power line.
3. When new informal construction and development are required, they must follow the local code, informal standards.
4. The capacity to improve the quality of the water supply is limited in 15 informal buildings.

Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit. (PP)	M/C Rotor Height (MH)
1.0	2200	2200	2200
1.5	2500	1900	2500
1.75	2800	1500	2800

1. The minimum number of machines are shown in the above table. Therefore, minimum machines should be purchased for the following of the factory.
2. Machine type for production should be purchased from 400 units with speed of 100 and for an additional 10 machines with speed of 150.
3. The maximum machine type for production is 200 units from the first machine with double rotating part.



**GAMBAR PLAT SAMBUNG  
TIANG PERSEGI 45x45 CM**





### **Biodata Penulis**

Penulis bernama Zulaikha Puspita Arum, dilahirkan di Sukoharjo pada tanggal 30 Juli 1992, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Ahmad Suranto dan Elys Nurani Wijaya.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Ar – Rahman Bekasi dan lulus pada tahun 1998, SDN Gentra Masekdas dan lulus pada tahun 2004, SMP Imam Syuhada' dan lulus pada tahun 2007, serta SMAI PB. Soedirman Bekasi dan lulus pada tahun 2010, Diploma 3 Jurusan Konstruksi Bangunan Gedung di Politeknik Negeri Jakarta dan lulus pada tahun 2013. Kemudian penulis melanjutkan sarjana jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya terdaftar dengan NRP 3113106001.

Di jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya, penulis adalah mahasiswa Program Sarjana (S1) dengan bidang studi struktur.

Email : zulaikha.puspita@gmail.com